



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

INSTITUTO DE FÍSICA

**Conceitos de Física por meio do lançamento de foguetes de garrafa
PET – Roteiro para experimentação**

MARCOS ANTONIO DA SILVA

**BRASÍLIA
2015**

APRESENTAÇÃO

Prezado Professor,

Este material é fruto de uma pesquisa feita com a utilização de foguetes de garrafa PET como estratégia de transposição didática de alguns conteúdos que podem ser explorados a partir do lançamento desses foguetes. Esse trabalho foi realizado na 3ª série do Ensino Médio como forma de revisão e aprofundamento dos conceitos. Nesse sentido, o trabalho realizado teve um viés qualitativo, buscando uma aprendizagem que pudesse aproximar os estudantes da temática de foguetes. Foram abordados conteúdos tanto da 1ª quanto da 2ª série do Ensino Médio. Na primeira série, foram abordados os conteúdos relativos às Leis de Newton, centro de massa e centro de pressão; na 2ª foram explorados os conteúdos de estados físicos da matéria e suas propriedades.

Trabalhamos na perspectiva de propor atividades experimentais aos estudantes como forma de incentivá-los nas atividades investigativas para que despertem a curiosidade pela Física. Nessa ótica, propomos atividades que favorecem a contextualização e a interdisciplinaridade dos conteúdos.

Trabalhamos também de maneira que essa proposta possa atender aos professores que trabalham em escolas com poucos recursos e carentes infraestrutura como laboratório, sala de vídeo, biblioteca, etc. As atividades aqui propostas podem e devem ser feitas em sala de aula e com a utilização de material de baixo custo.

Por fim, espero que esse material seja realmente usado como forma trazer os conceitos de Física envolvidos no lançamento de foguetes para sala de aula, despertando o interesse dos estudantes e motivando-os aos estudos.

Aos amigos professores, espero que gostem e apliquem!

Marcos Antonio da Silva

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	04
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	06
1.1. Ensino de Física	06
1.2. Transposição Didática	08
2. CONSTRUINDO O FOGUETE DE GARRAFA PET	13
3. CONSTRUINDO A BASE DE LANÇAMENTO DO FOGUETE DE GARRAFA PET.....	18
4. CONSTRUINDO O CARRINHO FOGUETE	21
5. SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS	24
5.1. Atividade 1: Pré-Teste	24
5.2. Atividade 2: Construção e lançamento do carrinho foguete	25
5.3. Atividade 3: Comparando os movimentos do carrinho foguete e do foguete de garrafa PET.....	26
5.4. Atividade 4: Além das Leis de Newton - parte 1.....	27
5.5. Atividade 5: Além das Leis de Newton - parte 2	29
5.6. Atividade 6: Oficina de construção do foguete de garrafa PET.....	32
5.7. Atividade 7: Lançamento do foguete de garrafa PET	33
5.8. Atividade 8: Retomando os conteúdos	34
6. PALAVRA FINAL.....	35
7. SUGESTÃO DE QUESTÕES PARA O PRÉ E PÓS-TESTE	37
REFERÊNCIAS	42

INTRODUÇÃO

Ao analisarmos os conteúdos de Física nos currículos escolares do Ensino Médio, percebemos o distanciamento entre aquilo que se ensina e a realidade fora da sala de aula. Esse distanciamento entre os conteúdos presentes na escola e a vivência dos estudantes contribui para a estigmatização da Física como uma disciplina muito difícil, pois os saberes presentes na escola são desatualizados e carentes de significação. A excessiva matematização da Física em sala de aula também é um fator determinante para essa falta de significado, visto que esse procedimento não colabora com a aprendizagem de conceitos e não favorece os aspectos qualitativos do ensino de Física. Outro fator que contribui nesse sentido é a falta de experimentação na escola, seja por falta de estruturas de laboratórios, seja por falta de propostas que incorporem a experimentação como método de investigação, simulação ou, até mesmo, de verificação.

Uma forma de dar significado a esses conteúdos é trabalhar de maneira contextualizada e interdisciplinar. Para isso, fizemos uma proposta de estudar alguns conceitos de Física que podem ser explorados no lançamento de foguetes de garrafa PET. Essa abordagem traz várias vantagens no desenvolvimento dos conteúdos em relação ao modelo tradicional. Dentre elas podemos destacar que:

- os foguetes de garrafa PET despertam a curiosidade dos estudantes e a vontade de aprender, fatores que contribuem para a aprendizagem;
- utiliza material de baixo custo e de fácil aquisição;
- a construção dos foguetes é simples e durante sua montagem os estudantes aprendem na prática seu funcionamento relacionando-o aos conteúdos teóricos;
- favorece a troca de informações entre os estudantes, o que contribui com uma aprendizagem colaborativa;
- favorece a Transposição Didática de conteúdos, ou seja, a transformação do conhecimento científico em conhecimento estudado na sala de aula.

Com essa prática, estamos em consonância com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) para Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias que estabelecem as competências e habilidades a serem desenvolvidas no ensino de

Física (BRASIL, 1999, p. 23). Essas competências abrangem: a representação e a comunicação para que o estudante utilize de forma apropriada o modelo e a linguagem física; a investigação e compreensão como forma de compreender o mundo à sua volta e desenvolver habilidades de investigação; e, por fim, contextualização sociocultural que permite a visão da Física como uma das formas de representação da cultura humana.

O objetivo dessa proposta é realizar a transposição didática de conteúdos presentes no lançamento de foguetes. Assim, apresentamos um material que ajude o professor a discutir a temática foguetes em sala de aula de maneira contextualizada de forma que os estudantes possam compreender alguns conceitos de física envolvidos no movimento de foguetes por meio de protótipos construídos com garrafa PET. Ressaltamos que delimitamos esse trabalho ao estudo das Leis de Newton, propriedades dos estados físicos da matéria, centro de massa e centro de pressão. Essa delimitação se deve ao fato optarmos por conteúdos que possam ser facilmente explorados no lançamento de foguete de garrafa PET

Para tanto, esse material é composto por uma sequência didática na forma de guia para o professor utilizar em sala de aula. Neste guia, além dos roteiros das aulas, deixamos também orientações para elaboração dos experimentos, orientações para a montagem da plataforma de lançamento dos foguetes de garrafa PET, guia da oficina de confecção dos foguetes, regras de segurança e sugestões para o professor ir além do que fizemos aqui.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1. Ensino de Física

As aulas de Física são predominantemente expositivas seguindo o modelo tradicional. Esse tipo de aula centrado no professor e não no aluno (OSTERMANN; MOREIRA, 1999) utiliza poucas estratégias de ensino e são focadas no uso excessivo de fórmulas matemáticas, o que ocasiona o desinteresse dos estudantes pelos conteúdos de Física. Segundo Ostermann e Moreira (1999, p. 28), as aulas de Física são ministradas seguindo uma sequência de apresentação do conteúdo no quadro negro e, em seguida, de resolução de problemas. Ao final do processo, é aplicada uma prova onde o estudante tem que repetir os cálculos feitos na resolução dos problemas.

O papel do professor nesse processo é preencher as lacunas dos alunos (VILLANI, 1984, p. 76) demonstrando fórmulas e expondo as leis físicas.

Esse processo colabora com a aprendizagem mecânica, pois trazem conteúdos abordados fora da realidade dos estudantes.

Esse modelo não contribui para a construção do conhecimento, pois não leva em consideração o cotidiano dos estudantes. É um modelo que já teve suas finalidades, mas está ultrapassado (BRASIL, 1999, p. 22).

É preciso mudar a forma de ensinar Física de maneira que o estudante possa participar efetivamente da construção do seu conhecimento e possa compreender e interpretar o mundo a sua volta.

O ensino de Física deve ser repensado de maneira que se faça mudanças no tipo de abordagem que atualmente está em curso na maioria das escolas. Essas mudanças devem ser feitas no sentido de criar situações para que os estudantes possam fazer leituras do mundo (FREIRE, 1987) atendendo às suas necessidades de perceber, compreender e organizar fatos e fenômenos à sua volta (BRASIL, 1999, p. 24). Para que essas necessidades sejam atendidas não é necessário que se criem novos tópicos de conteúdo, mas sim dar novas dimensões ao currículo de Física de

forma que promova um currículo contextualizado e integrado à vida dos estudantes (BRASIL, 1999, p. 23).

O ensino de Física por meio da aprendizagem mecânica despreza o uso da experimentação como meio de aprendizagem e dificulta a interpretação de fenômenos físicos presentes no cotidiano dos estudantes. Estudar Física baseado nesse modelo, segundo Caniato “é como fazer um curso de natação por correspondência” (1989. p. 38). Muitos estudantes não gostam de Física porque ela é ensinada nesse modelo desvinculado da realidade, baseada somente na aplicação de fórmulas matemáticas.

Para contornar esses problemas, podemos fazer uso da experimentação. As possibilidades que a experimentação traz para a aprendizagem são inúmeras, pois permitem que os estudantes reflitam significativamente sobre os mecanismos que regem as leis físicas ao mesmo tempo que fazem descobertas enriquecedoras dos conteúdos das aulas teóricas. Para que a experimentação seja eficiente na aprendizagem ela precisa ser feita na ótica de propor atividades investigativas.

Segundo Gil e Castro (1996, apud CARVALHO, 2010, p. 23) as atividades investigativas possuem algumas características que podem ser resumidas em:

1. apresentar situações problemáticas abertas;
2. favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas;
3. potencializar análises qualitativas significativas, que ajudam a compreender e acatar as situações planejadas e a formular perguntas operativas sobre o que se busca;
4. considerar a elaboração de hipóteses como atividade central da investigação científica, sendo esse processo capaz de orientar o tratamento das situações e de fazer explícitas as concepções dos estudantes;
5. considerar as análises, com a tenção no resultados (sua interpretação física, confiabilidade, etc.), de acordo com os conhecimentos disponíveis, das hipóteses manejadas e dos resultados das demais equipes;
6. conceder uma importância especial às memórias científicas que reflitam o trabalho realizado e possam ressaltar o papel da comunicação e do debate atividade científica;

7. ressaltar a dimensão coletiva do trabalho científico, por meio de grupos de trabalho, que interajam entre si.

A atividade investigativa fornece condições para que o estudante desenvolva competências e habilidades para analisar e interpretar situações rotineiras. Como dissemos antes, essas atividades não precisam necessariamente ser feitas no laboratório, mas em qualquer ambiente, incluindo a sala de aula. Isto possibilita aos professores propor atividades em escolas com pouca estrutura de laboratórios dando significado ao ensino de Física

Devemos ressaltar que Azevedo (2010, p. 25) classifica as atividades investigativas em quatro categorias que resumimos no quadro abaixo:

Quadro 1 - Classificação das atividades investigativas

Tipo de atividade investigativa	Objetivo principal
Demonstrações Investigativas	Ilustrar a teoria com experiências a partir da apresentação de um problema ou fenômeno a ser estudado.
Laboratório Aberto	Buscar a solução de um problema por meio de uma experiência.
Questões Abertas	Propor fatos do cotidiano dos estudantes que podem ser explicados por argumentos e construções de aulas anteriores.
Problemas Abertos	Discutir as possibilidades e soluções de situações gerais apresentadas aos estudantes.

Fonte: Adaptada de Azevedo (2010, p. 25)

1.2. Transposição Didática

A Transposição Didática é o meio pelo qual o Saber Sábio, aquele contido no universo científico, é transposto, traduzido em Saber a Ensinar dos currículos e livros didáticos e, também, em Saber Ensinado que aparece no cotidiano da vida escolar. Nestes termos, ela tem a função de levar o conhecimento científico produzido por pesquisadores à sala de aula, numa linguagem que seja acessível aos estudantes, mas sem perder seu significado, sem ser uma simplificação do conhecimento. A transposição didática permite que o currículo escolar seja baseado na realidade dos

fenômenos, ou seja, baseado no que se traduz das pesquisas acadêmicas para a sala de aula e também nas aplicações tecnológicas dessas pesquisas.

No ensino de Física, a transposição didática pode exercer um papel importante ao possibilitar que o conhecimento científico seja traduzido na linguagem dos estudantes e faça parte da realidade escolar, pois os currículos, os livros didáticos e as ações pedagógicas do Ensino Médio não contemplam de forma significativa o Saber Sábio. A necessidade de transpor o conhecimento científico surge com a necessidade de atualização curricular na escola e da interpretação física, na linguagem dos estudantes.

Na transposição didática o conceito de noosfera é fundamental. A noosfera é um ambiente onde as ideias de todos os agentes vinculados à educação se convergem para o Saber Ensinado (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005, p. 5) e é responsável pela mediação entre a sociedade e o sistema de ensino e por levar o Saber Sábio às escolas.

A noosfera é formada por “cientistas, educadores, professores, políticos, autores de livros didáticos, pais de alunos, entre outros” (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005, p. 5).

A sala de aula, neste contexto, passa a ser um retrato da realidade com os conteúdos relacionados à vida prática dos alunos. A transposição didática leva os saberes à sala de aula e a noosfera assume o papel de seleção daquilo que será transposto para essas salas, já que nem todos os saberes farão parte do domínio escolar.

Outro conceito importante na transposição didática de Chevallard, é o Saber Sábio, o Saber a Ensinar e o Saber Ensinado que são as “esferas ou patamares do saber” (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005, p. 5). Essas esferas atendem aos interesses de grupos sociais distintos de acordo com suas necessidades e de mudança no saber.

O Saber Sábio é o saber relacionado ao campo científico, ou seja, é o saber da comunidade científica presente nas universidades, livros científicos etc. É o saber da esfera acadêmica que deve ser transposto, traduzido, para as outras esferas.

O Saber Ensinado é o saber levado à sala de aula. Nas palavras de Alves Filho (2000, p. 221) “é o produto didático resultante de uma transposição didática” no ambiente escolar. Brockington e Pietrocola, destacam que o Saber Ensinado “é o saber registrado no plano de aula do professor e que não necessariamente coincide com aquele previsto nos programas ou livros didáticos”. Isto porque, ao fazer seu plano de aula, o professor necessita realizar adaptações de forma que as necessidades e prioridades dos seus estudantes sejam atendidas.

A transposição didática possui algumas características que devem ser destacadas. Brockington e Pietrocola (2005) elenca essas características para que determinado saber esteja presente nos livros didáticos e nas salas de aulas. Essas características podem ser resumidas, tomando esses autores como referência, como segue:

- A primeira característica afirma que a transposição do Saber Sábido para o Saber Ensinar deve ser consensual, ou seja, esse saber deve ser, ou ter status de verdadeiro.
- A segunda característica diz respeito a atualidade que é dividida em duas partes: atualidade moral, que deve ser adequada à sociedade de maneira que seja importante e necessária à comunidade; e a atualidade biológica que deve possuir uma atualidade com a ciência praticada.
- Outra característica destacada pelos autores é a operacionalidade do Saber a Ensinar, ou seja, a transposição didática deve ser capaz de gerar exercícios e atividades que levem a uma avaliação objetiva.
- A criatividade didática implica em um saber com identidade própria no contexto escolar de forma que o objeto de ensino tem que guardar uma relação com o objeto de conhecimento do Saber Sábido.
- Por fim, a característica terapêutica, que tem uma finalidade pragmática, pressupõe que só os objetos de ensino que deram certos devem permanecer na escola, ou seja, há uma característica de renovação, dentro da transposição didática, dos objetos de aprendizagem.

Para Chevallard (1991 apud MARQUES, 2005) a característica terapêutica é essencial dentro da transposição didática e a define como sendo um teste in loco que é fundamental para a sobrevivência dos saberes nos domínios do ensino.

A transposição didática permite que o conhecimento científico seja transformado, transposto, para a sala de aula sob algumas regras que são inerentes a esse processo. Alves Filho (2000b) destaca cinco regras para que a transposição didática constitua “um excelente instrumento para a leitura e análise do processo transformador do saber científico”. Relacionamos essas regras abaixo de forma resumida: modernização do saber escolar; atualizar o Saber a Ensinar; articular saber “velho” com o saber “novo”; transformar um saber em exercícios e problemas; e, finalmente, tornar um conceito mais compreensível.

A interdisciplinaridade e a contextualização são recursos para operacionalizar a transposição didática. Primeiramente, a ciência, de uma forma geral, não é disciplinar, ou seja, não há fenômenos isolados em um só contexto de uma disciplina do conhecimento. O que fazemos na educação é desfragmentar a ciências em suas diversas esferas do saber no que denominamos disciplina do conhecimento e, assim, estudar cada parte isoladamente. O problema dessa desfragmentação é que muitos conteúdos perdem o sentido no contexto escolar, pois não há uma relação entre as disciplinas. A interdisciplinaridade possibilita que esses conteúdos sejam estudados dentro do contexto das várias disciplinas que o compõem. É nesse sentido que a interdisciplinaridade é um recurso indispensável à transposição didática.

Segunda Silva (2010) a contextualização é o processo que possibilita a problematização dos objetos de estudos dentro dos conteúdos curriculares de forma a vinculá-los com a realidade e o contexto. A contextualização no ensino “significa incorporar vivências concretas e diversificadas, e também incorporar o aprendizado em novas vivências” (MELLO, 2012).

Dessa forma, entendemos que interdisciplinaridade e contextualização são instrumentos operacionais importantes para a transposição didática.

Da Rosa e Rosa (2005) explicam que a transposição didática relacionada ao ensino de Física “busca uma combinação entre o conhecimento científico, produzido entre os elaboradores da ciência, e o que de fato possa ser compreendido pelos alunos” e ressaltam ainda a importância do professor no processo de transposição didática dos conteúdos de Física.

A tomada de consciência por parte do professor acerca desse processo lhe permitirá uma melhor adequação do saber que chega à escola a um saber a ser ensinado aos alunos. Nesse sentido, a sua busca permanente por uma atualização, a retomada reflexiva na sua ação docente e a flexibilidade nas discussões em torno do fazer pedagógico lhe permitirá atingir mais rapidamente o seu objetivo no processo ensino-aprendizagem. A preocupação constante com o ensino da Física e a melhor maneira de aproximá-lo dos alunos lhe fornecerá o suporte necessário para que a Física perca o status de disciplina odiada por todos aqueles que dela se aproximam (DA ROSA; ROSA, 2005).

O engajamento do professor é essencial para que ocorra a transposição didática do Saber Sábido para o Saber Ensinado. Trabalhar com conteúdos de forma diferenciada faz com que o ensino de Física se torne significativo para estudante. A transposição didática na sala de aula é uma possibilidade de dar significado aos currículos escolares e fazer com os estudantes realmente compreendam o papel da escola na formação cidadã.

2. CONSTRUINDO O FOGUETE DE GARRAFA PET

OBJETIVO

Construir o foguete de garrafa PET a ser lançado pelos alunos.

JUSTIFICATIVA

O foguete de garrafa PET é fundamental nessa proposta, pois, por meio dele, o professor poderá trabalhar os conteúdos referentes às Leis de Newton, propriedades físicas dos líquidos e dos gases e os conceitos de centro de massa e centro de pressão. Esse foguete será utilizado nas atividades de número 3 a 6 das sequências didáticas dessa proposta (Capítulo 5). É importante que o professor construa o foguete antes do início das atividades para ser usado na sala de aula e também como forma de se familiarizar com os procedimentos de montagem e solucionar possíveis problemas na sua construção.

MATERIAL

- ✓ 2 garrafas PETs de mesmo volume. Dê preferências às garrafas que tenham bicos tipo cone, por terem geometria que ajude na aerodinâmica.
- ✓ Fita adesiva transparente.
- ✓ Tesoura
- ✓ Estilete
- ✓ Papelão
- ✓ Molde das aletas
- ✓ Régua.
- ✓ 1 balão nº 5 ou 6

MONTAGEM

Seu foguete de garrafa PET tem as seguintes partes (Figura 1):

- Coifa (ponta do foguete)
- Câmara de compressão (tanque de combustível)
- Aletas (empenas)
- Tubeira



Figura 1: Partes do foguete de garrafa PET

Fonte: Manual Mão na Massa: Foguetes – Programa AEB-Escola
http://aebescola.aeb.gov.br/downloads/material/mao_na_massa_foguetes.pdf

- 1) Reserve uma das garrafas para ser a câmara de compressão.
- 2) Corte a outra garrafa na marca cilíndrica superior de forma a separar a parte cônica que será a coifa. Em seguida cole com a fita adesiva essa parte cônica no fundo da outra garrafa que não foi cortada (Figura 2). Procure deixar a coifa mais alinhada o possível com o eixo maior da garrafa.



Figura 2: Montagem da coifa do foguete

Fonte: Manual Mão na Massa: Foguetes – Programa AEB-Escola
http://aebescola.aeb.gov.br/downloads/material/mao_na_massa_foguetes.pdf

- 3) Corte 10 cm da garrafa para ser usado como a “saia” do foguete (Figura 3).



Figura 3: Preparando a saia do foguete

Fonte: Manual Mão na Massa: Foguetes – Programa AEB-Escola
http://aebescola.aeb.gov.br/downloads/material/mao_na_massa_foguetes.pdf

- 4) Fixe essa saia na parte de baixo do foguete de maneira que a tampa fique de fora.



Figura 4: Preparando a saia do foguete

Fonte: Manual Mão na Massa: Foguetes – Programa AEB-Escola
http://aebescola.aeb.gov.br/downloads/material/mao_na_massa_foguetes.pdf

- 5) Faça 4 aletas com as dimensões do modelo abaixo:

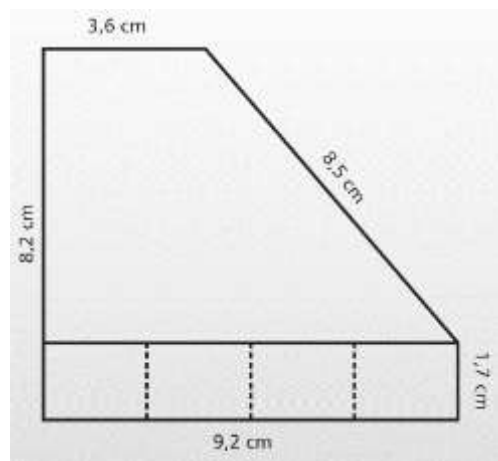


Figura 5: Modelo de aleta

Fonte: Manual Mão na Massa: Foguetes – Programa AEB-Escola
http://aebescola.aeb.gov.br/downloads/material/mao_na_massa_foguetes.pdf

- 6) Recorte nas linhas pontilhadas e dobre as abas conforme a figura abaixo:



Figura 6: Confeção das aletas

Fonte: Manual Mão na Massa: Foguetes – Programa AEB-Escola
http://aebescola.aeb.gov.br/downloads/material/mao_na_massa_foguetes.pdf

- 7) Fixe as aletas na saia do foguete de maneira a deixar uma separação de 90° (Figura 7).



Figura 7: Montagem das aletas

Fonte: Manual Mão na Massa: Foguetes – Programa AEB-Escola
http://aebescola.aeb.gov.br/downloads/material/mao_na_massa_foguetes.pdf

- 8) Encha o balão com um pouco de água e prenda com a tampa da coifa do foguete. Esse procedimento (descrito nas atividades 5 e 8 das sequências didáticas) é necessário para deslocar o centro de massa acima do centro de pressão a fim de evitar que o foguete gire em torno do centro de massa (Figura 8).



Figura 7: Montagem do balão com água
 Fonte: o autor

Seu foguete está pronto para ser lançado.



Figura 8: Foguete pronto
Fonte: o autor

3. CONSTRUINDO A BASE DE LANÇAMENTO DE FOGUETES DE GARRAFA PET

Prezado professor, seguem abaixo instruções para a construção de plataforma de lançamento do foguete de garrafa PET. Escolhemos um modelo, dentre os vários existentes, de forma que ofereça segurança para ser usada com estudantes de todas as idades.

MATERIAL PARA A CONSTRUÇÃO

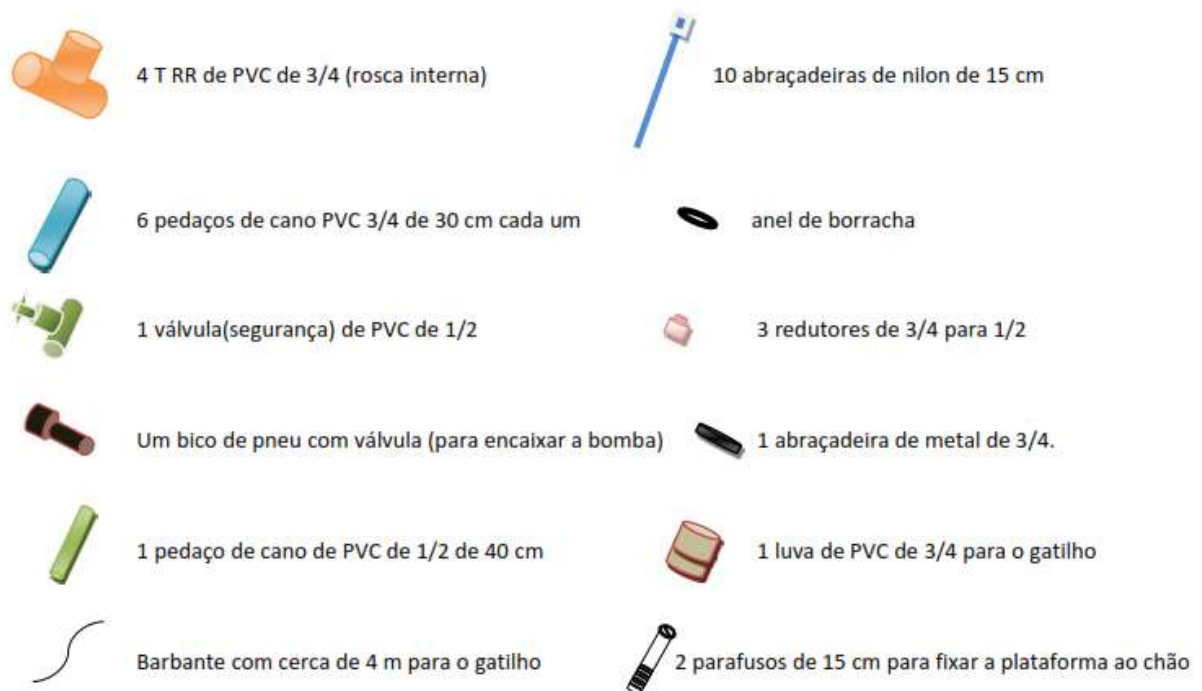


Figura 1: Material para a construção da plataforma de lançamento de foguete de garrafa PET.
Fonte: o autor

MATERIAL PARA MONTAGEM

- ✓ Fita isolante
- ✓ Borracha de câmara de pneu (de bicicleta)
- ✓ Cola silicone
- ✓ Tarraxa de 3/4 e de 1/2 (para fazer as roscas)
- ✓ Segueta (serra para cano)
- ✓ Fita veda-rosca

MONTAGEM

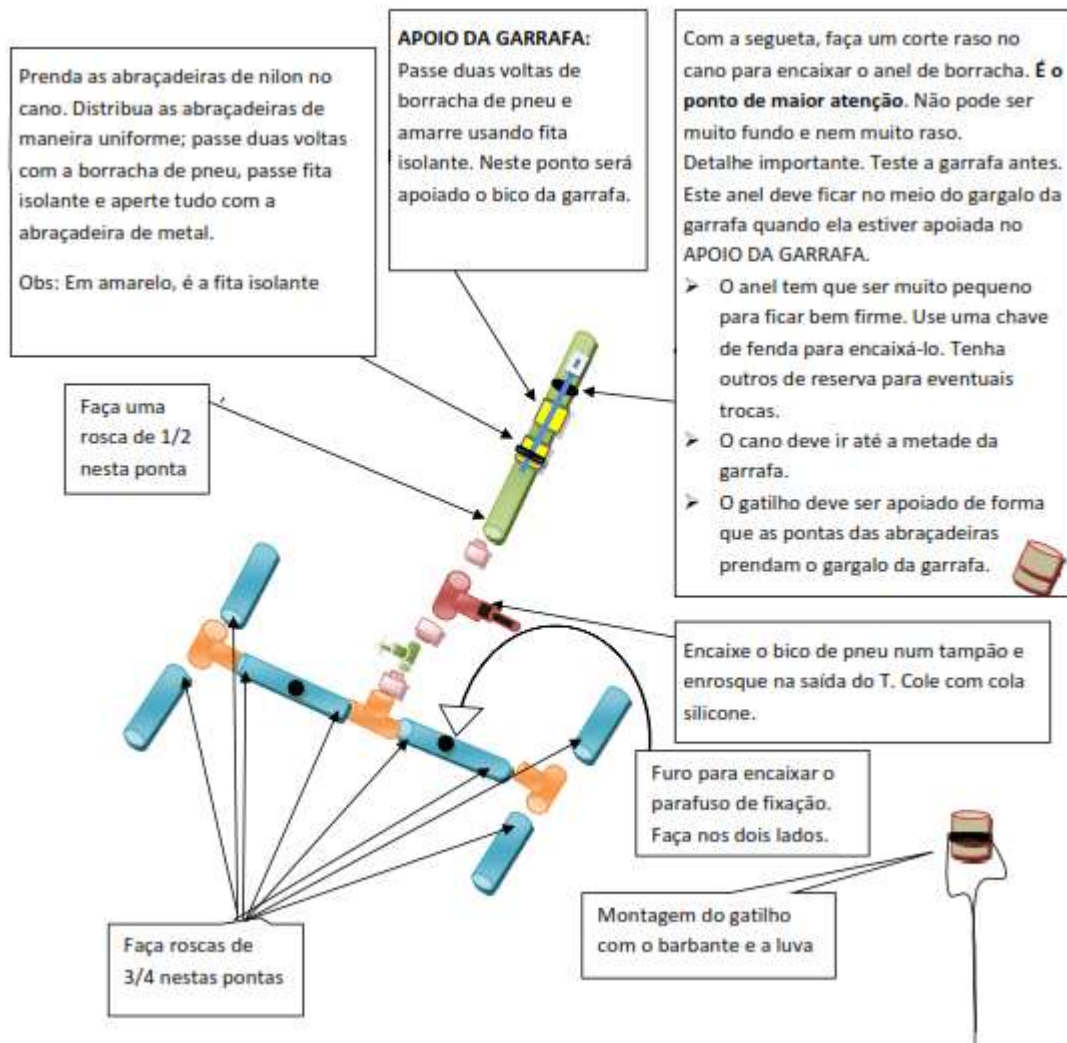


Figura 2: Montagem da base de lançamento
Fonte: o autor

- Encaixe todas as peças conforme a figura.
- Sua base é toda desmontável. Porém, não costumamos desmontar o eixo vertical para evitar vazamentos. Só desmontamos os canos de cor azul com os Ts das laterais.
- Use veda-rosca em todos os encaixes do eixo vertical para não vazar ar e água.
- Use uma bomba com medidor de pressão (manômetro simples)
- Como medida de segurança e longa vida da sua bomba, procure não ultrapassar 80 psi de pressão.
- Só solte foguete em áreas isoladas e não deixe crianças próximas à base de lançamento se estiver pressurizado.
- Se o foguete não sair, abra a válvula de segurança para despressurizar a garrafa.



Figura 3: Foguete montado na base
Fonte: o autor

Dicas:

- Para montar o bico de encaixe da bomba, você pode usar também um redutor (3/4 para 1/2) e um redutor de 1/2 para 3/8 (redutor para mangueira de jardim) no lugar do tampão. Para isto corte a parte longa de encaixe da mangueira e coloque o bico com válvula de dentro para fora. Do lado de fora, coloque uma arruela de borracha e prenda com uma porca e depois vede a parte interna com cola silicone.
- Para outras instruções de montagem, consulte o Manual Mão na Massa – Foguetes do Programa AEB-Escola disponível no site abaixo:
http://aebescola.aeb.gov.br/downloads/material/mao_na_massa_foguetes.pdf

4. CONSTRUINDO O CARRINHO FOGUETE

OBJETIVO

Construir o carrinho foguete para ser usado em sala de aula.

JUSTIFICATIVA

O uso do carrinho foguete é uma excelente oportunidade para discutir as Leis de Newton em sala de aula e sua construção é muito simples, além de despertar o interesse dos alunos. Na atividade 2 das sequências didática (Capítulo 5) descrevemos como o carrinho pode ser usado para introduzir os conceitos de inércia, força e as Leis de Newton.

MATERIAL

- ✓ Papelão
- ✓ Régua
- ✓ Tesoura
- ✓ Balão de festa
- ✓ 2 palitos de churrasco
- ✓ 2 canudinhos (não muito finos)
- ✓ 4 tampinhas de garrafa
- ✓ Fita adesiva transparente

MONTAGEM

- Corte um pedaço de papelão como mostrado na figura 1

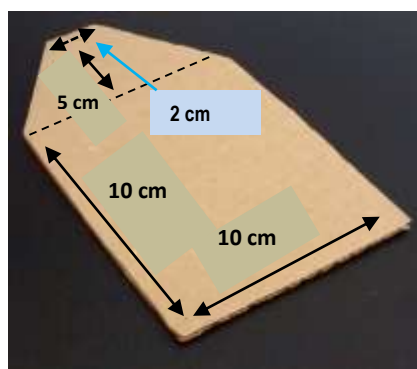


Figura 1: Base para o carrinho foguete
Fonte: o autor

- Corte os canudinhos com tamanho de 12 cm e cole-os na base do carrinho (Figura 2)

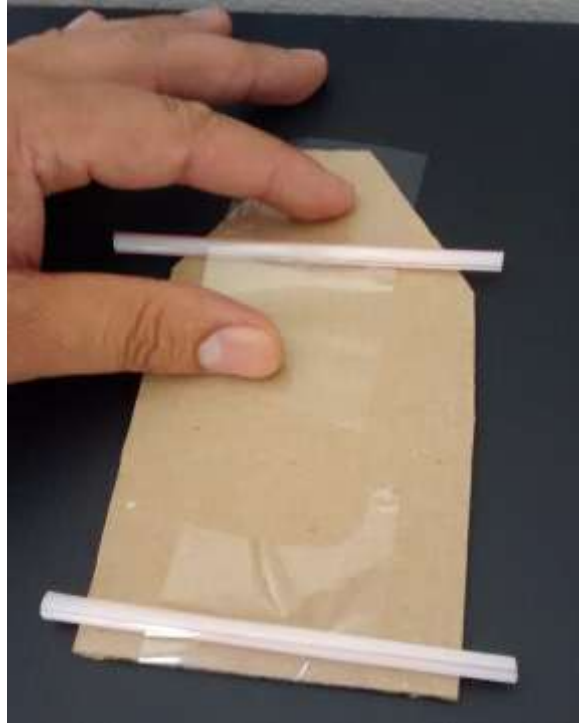


Figura 2: Colando o canudinho na base do carrinho foguete
Fonte: o autor

- Faça um furo nas tampinhas e coloque os palitos, depois passe os palitos pelos canudinhos e coloque as outras tampinhas. Ao final, vire o carrinho como mostrado na figura.

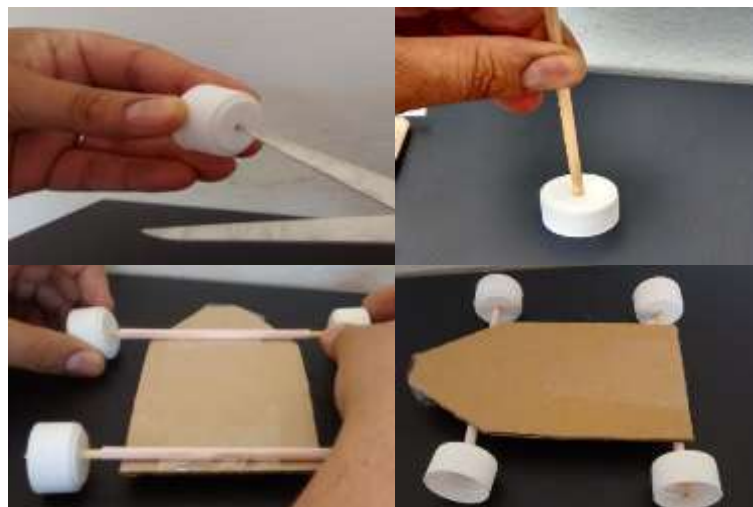


Figura 3: Montagem do carrinho foguete
Fonte: o autor

- Corte um pedaço de papelão medindo 20 cm por 4 cm e dobre-o ao meio. Depois dobre 2 cm em cada ponta conforme mostrado. Faça um furo na parte superior e depois cole-o sobre o carrinho conforme mostra a figura.



Figura 3: Montagem do suporte para o balão
Fonte: o autor

- Seu carrinho está pronto. Para colocá-lo em movimento, passe o balão pelo furo, encha-o e prenda a boca do balão para não escapar o ar. Solte o carrinho e observa o movimento.

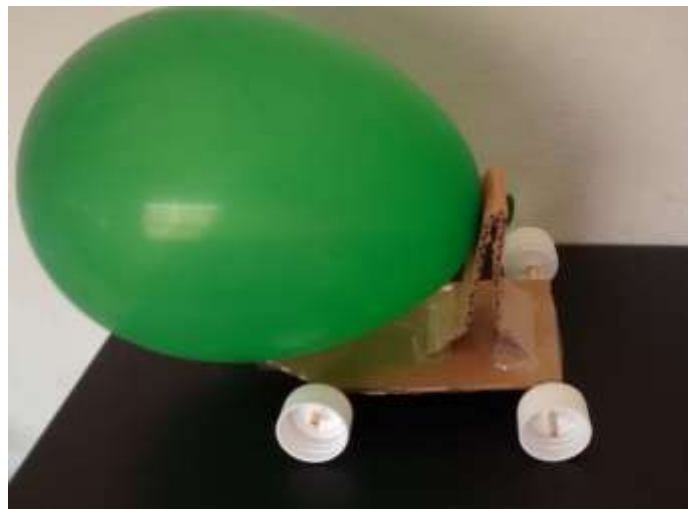


Figura 4: Carrinho foguete montado
Fonte: o autor

5. SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

As aulas foram elaboradas de maneira a facilitar a transposição didática dos conteúdos abordados. Utilizamos atividades experimentais para que os estudantes pudessem entender o processo de construção do conhecimento, de maneira contextualizada e interdisciplinar.

Atividade 1 – Pré-teste

Objetivo: identificar o conhecimento prévio dos estudantes a respeito dos conteúdos a serem abordados.

O teste é elaborado com 14 questões de múltipla escolha. Sendo 6 sobre as Leis de Newton, 4 sobre estados e as propriedades dos estados físicos da matéria e 4 sobre centro de massa e centro de pressão.

As questões do teste buscam identificar os conhecimentos dos estudantes em relação aos conceitos de:

1. Inércia e suas implicações no movimento de objetos (questões 1 e 2).
2. Forças que atuam sobre um objeto em movimento (questões 3 e 5).
3. Forças de ação e reação, considerando a direção, sentido e intensidade (questões 4 e 6)
4. Propriedades dos gases e líquidos (questões 7, 8 e 9).
5. Estados físicos da matéria (questão 10)
6. Equilíbrio e rotação de corpos rígidos em torno do centro de massa (questões 11 e 12)
7. Conceito e localização do centro de pressão (questões 13 e 14)

O teste deve ser aplicado antes do início dos conteúdos e usados como ponto de partida para a elaboração das próximas aulas.

Duração da atividade: 1 aula

Atividade 2 – Construção e lançamento do carrinho foguete

Objetivo: construir e usar o carrinho foguete como material de apoio a uma atividade investigativa.

Construa o carrinho foguete com os estudantes. Lembre-se de pedir previamente o material necessário (descrito no item 4), caso não tenha disponível na escola.

Com o carrinho pronto, faça os questionamentos:

- a) Qual a situação inicial do carrinho foguete?
- b) O que tem que acontecer para ele entrar em movimento?
- c) Que posição devemos colocar o balão para o carrinho se mover para a frente?

Peça aos estudantes que soltem os carrinhos e observem o movimento e promova um debate a respeito das leis de Newton.

Duração da atividade: 1 aula

Atividade 3 – Comparando os movimentos do carinho foguete e do foguete de garrafa PET

Objetivo: Relacionar o movimento do carrinho foguete e do foguete de garrafa PET observando as leis de Newton.

Em um local seguro, laboratório, pátio, etc., coloque o foguete na base de lançamento sem usar água e sem usar as travas de segurança (esta atividade pode ser feita em segurança, pois o foguete sairá da base com baixa pressão). Pressione até que o foguete saia da base.

Após esta atividade, faça os seguintes questionamentos:

- a) Que relação há entre o movimento do carrinho foguete e do foguete de garrafa PET?
- b) Quais os princípios físicos envolvidos no lançamento de foguete de garrafa PET?
- c) Qual a relação entre o foguete de garrafa PET e os foguetes espaciais?
- d) É possível compreender as leis físicas no lançamento dos foguetes espaciais por meio de um foguete de garrafa PET?
- e) O que é diferente nos dois lançamentos?

Mostre os vídeos de lançamento de foguetes espaciais abaixo:

1. Decolagem ônibus espacial NASA:

<https://www.youtube.com/watch?v=157XAmf1Uo8>

2. Lançamento de ônibus espacial visto de avião:

<https://www.youtube.com/watch?v=DSJu0XGGJ6Q>

Debata com os estudantes sobre as leis de Newton nos voos dos foguetes.

Sugestões de aprofundamento do conteúdo:

Discuta o Programa Espacial Brasileiro utilizando a apresentação “O espaço ao redor” feita por José Bezerra Pessoa Filho (IAE/DCTA), disponível em:

<http://aebescola.aeb.gov.br/index.php/repositorio/apresentacoes>

Duração da atividade: 2 aulas

Atividade 4 – Além das leis de Newton – parte 1

Objetivo: Usar o foguete de garrafa PET para estudar os estados físicos da matéria e algumas de suas propriedades.

Para estudar os estados físicos da matéria, inicialmente, faça o seguinte questionamento:

Quais são os estados físicos da matéria?

Geralmente, os estudantes apontam 3 estados. Se for necessário, proponha então o quarto estado e discuta as propriedades de cada um deles, enfatizamos que o plasma é o estado predominante na matéria visível do universo.

Imprima o texto *Foguete de plasma 'pode ir a Marte e voltar em 90 dias'* disponível no link abaixo e faça uma discussão do uso de plasma nos foguetes.

http://www.bbc.com/portuguese/ciencia/story/2004/10/printable/041020_martecl.shtml

Mostre o vídeo de animação *Foguete de plasma vai à Marte em 90 dias* disponível no link abaixo:

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

Para estudar algumas propriedades dos gases e líquidos, mostre que o foguete de garrafa PET utiliza água e ar comprimido. Depois faça o seguinte questionamento:

Por que utilizamos água e não somente ar comprimido?

A partir desse questionamento, discuta sobre as propriedades dos gases e líquidos dando ênfase à incompressibilidade dos líquidos e elasticidade do ar. Para mostrar essas propriedades utilize uma seringa (sem agulha) de 20 ml.

Para estudar a elasticidade do ar, peça a um dos estudantes que puxe o êmbolo, tapando o bico da seringa, empurre o êmbolo e, em seguida, solte-o, sempre mantendo o bico da seringa tapado. Peça-os que observem o êmbolo e faça os questionamentos:

a) Por que o êmbolo é empurrado para trás?

b) Qual a propriedade dos gases que explica essa ação?

Em seguida, coloque água na seringa de forma que não sobre espaço vazio entre a água e o êmbolo. Peça a um dos estudantes que empurre o êmbolo e depois faça os questionamentos:

a) Por que agora não conseguimos empurrar o êmbolo?

b) Qual a propriedade dos líquidos explica esse comportamento?

Após esse experimento, promova um debate sobre o porquê de se utilizar água e ar comprimido no lançamento dos foguetes de garrafa PET

Duração da atividade: 2 aulas

Atividade 5 – Além das leis de Newton – parte 2

Objetivo: Usar o foguete de garrafa PET para estudar o centro de massa e o centro de pressão de um corpo rígido.

Para mostrar o conceito de centro de massa utilize uma régua de 30 cm e borrachas dos próprios estudantes.

Primeiramente faça os questionamentos:

- a) O que é ponto de equilíbrio?
- b) O que é centro de massa?

Como motivação, faça a seguinte desafio aos estudantes: escolha um e proponha presenteá-lo com qualquer objeto de seu desejo, caso ele consiga tocar nas pontas dos dedos dos pés, quando encostado na parede e com os calcanhares também encostados na parede de forma a fazer um ângulo de 90° e sem dobrar os joelhos. É importante lembrar que os calcanhares têm que ficar encostados na parede

A partir desse desafio, discuta o que é ponto de equilíbrio.

Para estudar o conceito de centro de massa, peça aos estudantes que equilibrem uma régua com o dedo e faça os questionamentos:

- a) Em que ponto da régua você segurou para que ela ficasse em equilíbrio?
- b) Se colocarmos uma borracha numa das pontas da régua, aonde deveríamos segurar agora para que ela fique em equilíbrio?

Peça aos estudantes que equilibrem a régua novamente. Mude a posição da borracha várias vezes e descubra o novo ponto de equilíbrio. Faça os questionamentos:

- a) Em torno de que ponto a régua gira?
- b) Se tivéssemos uma régua feita com metade plástico e a outra metade de ferro, o ponto de equilíbrio estaria no centro?

A partir desses questionamentos discuta a densidade não uniforme e sua relação com o centro de massa.

Agora segure o foguete com a régua até encontrar o ponto de equilíbrio e peça aos estudantes que estime a posição do seu centro de massa. Enfatize que, devido à simetria da garrafa PET, a coordenada horizontal do seu centro de massa está exatamente no meio da garrafa.

Para discutirmos o conceito de centro de pressão, utilize uma aproximação desenhando a silhueta do foguete em um papelão e depois encontre o centro de massa do papelão (Figura 1). Nesse caso, devido à simetria, a posição do centro de pressão do foguete coincide com a posição do centro de massa do papelão. Para encontrar o centro de pressão pela figura, siga as instruções dadas por (SOUZA, 2007).

- Projete a silhueta do foguete em um papel e divida suas partes em regiões retangulares e triangulares para facilitar a obtenção do CP (Figura 1).
- Projete a silhueta do foguete em um pedaço de papelão e encontre seu CM; isto fornecerá uma ideia da posição do CP do foguete, que neste caso coincide com o CM do papelão.

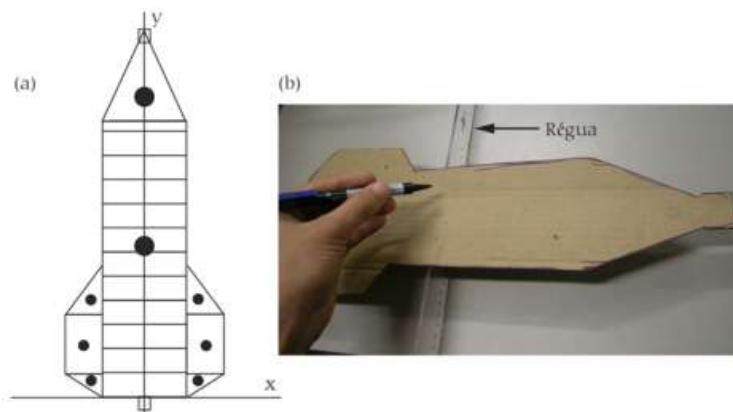


Figura 1: Determinação do centro de pressão

Fonte: Souza, 2007

<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol8/Num2/v08n02a02.pdf>

Após a localização aproximada do centro de massa e do centro de pressão, discuta a relação desses com a estabilidade do voo do foguete. Explique que a necessidade dessa separação é devido à natureza das forças que atuam em cada um desses pontos. Enfatize que no centro de massa, atua a resultante das forças de origem gravitacional e é, portanto, o ponto em torno do qual o foguete tende a girar.

Promova um debate acerca do deslocando do centro de massa para um ponto acima do centro de pressão. Enfatize que esse procedimento é necessário para que o foguete corrigir sua rota, caso ele sofra alguma rotação em torno do seu centro de massa. Faça os questionamentos:

- a) O que acontece se o centro de massa ficar muita acima do centro de pressão?
- b) O que acontece se o centro de massa ficar abaixo do centro de pressão?

No lançamento de foguetes, encha toda a coifa do foguete com água e peça aos estudantes que observem o voo. Discuta porque o foguete fica oscilando, mas não muda a direção.

Não recomendamos construir foguete com o centro de massa abaixo do centro de pressão, pois o mesmo pode mudar a direção e cair próximo do ponto de lançamento (Esse desvio depende logicamente da inclinação do foguete na saída). Caso isto aconteça em algum lançamento, peça aos estudantes que fiquem atentos para não se machucarem e depois discuta porque o foguete mudou a rota.

Duração da atividade: 2 aulas

Atividade 6 – Oficina de construção dos foguetes de garrafa PET

Objetivo: Construir os foguetes de garrafa PET a serem lançados.

Para a oficina de construção dos foguetes de garrafa PET, utilize o roteiro descrito no item 3.

Instruções ao professor:

- ✓ Na aula anterior à oficina, divida a turma em 5 ou 6 grupos e peça a cada grupo para trazer o material necessário para construção do foguete.
- ✓ Organize a sala de maneira que os estudantes possam tirar dúvidas na montagem.
- ✓ Certifique, com cada grupo, o alinhamento dos foguetes e das aletas.
- ✓ Não permita que os estudantes usem cola para fixar as partes do foguete, pois isso pode comprometer a resistência da garrafa PET.

Ao término da construção dos foguetes, repasse as regras de segurança abaixo:

- ✓ Não usar material metálico em qualquer parte do foguete.
- ✓ A pressão a ser utilizada será de, no máximo, 80 libras por polegada quadrada (80 psi), equivalente a cinco vezes a pressão atmosférica.
- ✓ Não utilizar cola a quente para fixar as empenas ou qualquer outra parte do foguete na garrafa que compõe a câmara de pressão. Para esse fim somente utilizar fita adesiva de qualidade comprovada.
- ✓ Durante a construção, testes ou lançamento não manusear ou aproximar de um foguete cuja câmara esteja pressurizada.
- ✓ Verificar a estabilidade do foguete antes do 1º voo.

Duração da atividade: 1 aula

Atividade 7 – Lançamento dos foguetes de garrafa PET.

Objetivo: Lançar os foguetes de garrafa PET construídos pelos grupos.

Para o lançamento dos foguetes construa a base de lançamento descrita no item 4. É importante lembrar que, como medida de segurança, a base deve ser feita somente pelo professor.

Antes do lançamento:

- ✓ Certifique-se que a área livre é suficiente para soltar o foguete com segurança.
- ✓ Fixe a base de lançamento ao chão com 2 parafusos ou 2 chaves de fenda conforme a figura 2 abaixo:



Figura 2: Base de lançamento fixa no chão
Fonte: o autor

- ✓ Coloque o gatilho com um barbante de 4 metros de comprimento.
- ✓ Use um extensor para colocar o bico da bomba na entrada de ar da base de lançamento.
- ✓ Preencha a câmara de compressão com 1/3 de água.
- ✓ Incline o foguete cerca de 60° em relação a horizontal.
- ✓ Pressurize até no máximo 80 psi de pressão (use sempre bomba com manômetro).
- ✓ Faça a contagem regressiva para que todos fiquem atentos ao lançamento.
- ✓ Peça a um dos integrantes do grupo que puxe o barbante para liberar o foguete.
- ✓ Caso o foguete fique preso na base, não deixe os estudantes se aproximarem. Abra a válvula e despressurize o foguete e retire-o da base.

Duração da atividade: 1 aula

Atividade 8 – Retomando os conteúdos.

Objetivo: Fazer uma revisão dos conteúdos e avaliar as atividades desenvolvidas.

Faça um esquema como mostrado na figura 3 abaixo e peça aos estudantes que escrevam as forças que atuam no foguete.

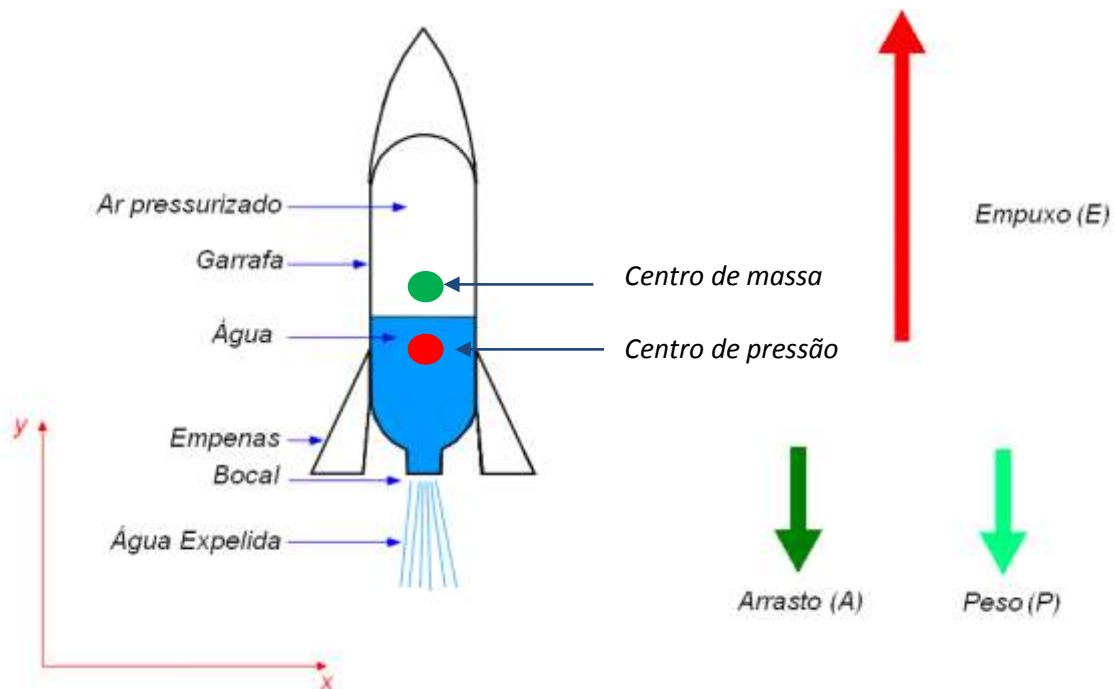


Figura 3: Esquema de funcionamento do foguete de garrafa PET

Fonte: Programa AEB-Escola

<http://aebescola.aeb.gov.br/index.php/repositorio>

Com esse esquema procure retomar todos os conteúdos estudados e faça um debate para que os estudantes ponderem os pontos positivos e negativos do trabalho realizado.

Aplice o pós-teste (com as mesmas questões ou com questões parecidas do pré-teste) e compare os resultados para analisar a aprendizagem dos estudantes.

Duração da atividade: 2 aulas

6. PALAVRA FINAL

Acreditamos na validade desse trabalho como meio de fazer a transposição didática de alguns conteúdos de Física. Delimitamos esse estudo aos três conteúdos trabalhados, mas durante a aplicação, surgiram outras possibilidades de ampliação do estudo. Esperamos que o professor possa ir além do que exploramos aqui, seja adaptando, melhorando ou acrescentando novos conteúdos que possam ser explorados por meio do lançamento de foguete e garrafa PET. Como sugestão, podemos mencionar: o estudo das leis de conservação da energia, do momento linear e angular, estudar o plasma a partir de seu uso como propulsor de foguetes; estudar trajetórias dos foguetes de garrafa PET; usar os foguetes de garrafa PET com *palitos de luz* nas escolas que tenham turmas no noturno, como forma de atender estudantes que não têm possibilidades de vivenciar essas práticas; estudar os efeitos da resistência do ar nos foguetes de garrafa PET por meio de modelagem matemática.

Dessa forma, esperamos que este material sirva como apoio para atividades experimentais em sala de aula e que seja trabalhado de maneira a propiciar atividades investigativas, com o estudante participando das descobertas e propondo soluções aos problemas levantados pelo professor. Acreditamos que a aprendizagem contextualizada, feita de forma interdisciplinar, é uma solução para dar significado aos conteúdos e também uma forma de aproximar o aluno da realidade vivenciada por ele. Feito dessa maneira, estamos fazendo nossa parte enquanto educadores, que é mostrar a beleza da Física e o quanto ela pode ser apaixonante.

7. SUGESTÃO DE QUESTÕES PARA O PRÉ E PÓS-TESTE

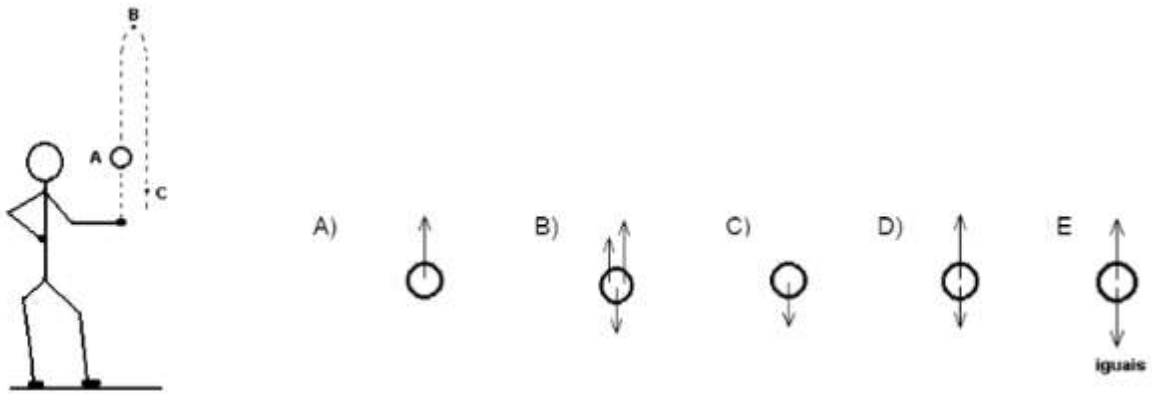
TESTE SOBRE CONCEITOS DE FÍSICA

O teste contém 14 questões

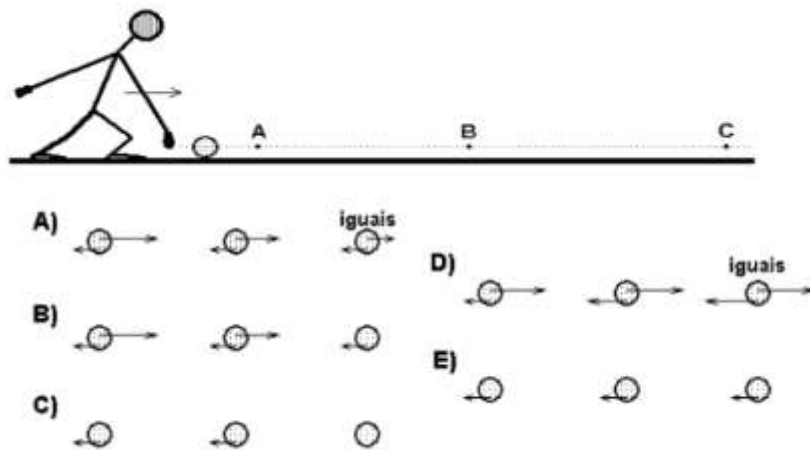
Cada questão possui uma única resposta correta

- 1) É comum, em filmes de ficção científica, que naves espaciais, mesmo quando longe de qualquer planeta ou estrela, permaneçam com os motores ligados durante todo o tempo de percurso da viagem. Marque a alternativa que você considera correta. Pois esse fato:
- A) Se justifica, porque, se os motores forem desligados, a velocidade da nave diminuirá com o tempo até parar.
 - B) Se justifica, pois para que qualquer objeto se mova, é necessária a ação de uma força sobre ele.
 - C) Se justifica, pois se os motores forem desligados, a nave será desviada, de forma gradativa, de sua rota.
 - D) Não se justifica, pois, uma vez colocada no seu rumo, a nave seguirá até o destino com velocidade constante.
- 2) Um passageiro de um ônibus segura, por meio de um barbante, um balão na vertical (o passageiro e o balão estão em repouso em relação ao ônibus. É correto afirmar que:
- A) Quando o ônibus freia, o balão se desloca para trás.
 - B) Quando o ônibus acelera para frente, o balão se desloca para trás.
 - C) Quando o ônibus acelera para frente, o barbante permanece na vertical.
 - D) Quando o ônibus freia, o barbante permanece na vertical.
- 3) Um menino lança verticalmente para cima uma bola. Os pontos A, B e C identificam algumas posições da bola após o lançamento. É desprezível a força resistiva do

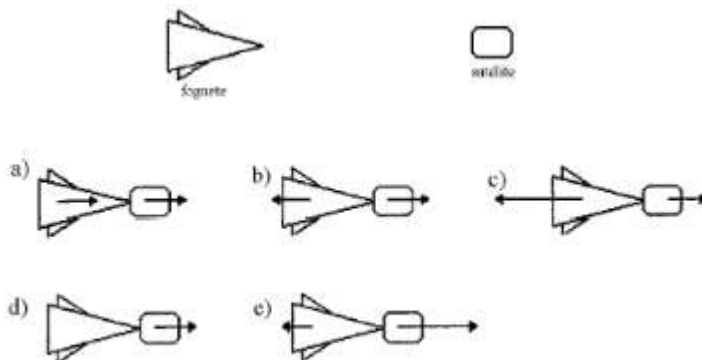
ar na bola. No ponto A, quando a bola está subindo, qual dos desenhos melhor representa a (s) força (s) exercida (s) pela bola?



- 4) Um caminhão puxa um reboque acelerado sobre uma estrada horizontal. Você pode afirmar que a força que o caminhão exerce sobre o reboque é, em módulo:
- A) igual à força que o reboque exerce no caminhão
 - B) maior que a força que o reboque exerce no caminhão
 - C) igual à força que o reboque exerce sobre a estrada
 - D) igual à força que a estrada exerce sobre o reboque
 - E) igual à força que a estrada exerce sobre o caminhão
- 5) A figura se refere a um indivíduo que lança com grande velocidade uma bola sobre uma superfície horizontal com atrito. Os pontos A e B são pontos da trajetória da bola após o lançamento, quando a bola já está rolando; no ponto C a bola está finalmente em repouso. As setas nos desenhos seguintes simbolizam as forças horizontais sobre a bola nos pontos A, B e C. Qual dos esquemas melhor representa a (s) força(s) sobre a bola?



- 6) Um foguete está empurrando um satélite danificado que se perdeu no espaço. Marque a alternativa que melhor representa a(s) força(s) que atuam no foguete e no satélite devido apenas à interação entre os dois (direção e sentido do movimento)



- 7) O ar tem a propriedade de ocupar todo o volume de um recipiente adquirindo o seu formato, já que não tem forma própria. Assim podemos fechá-lo em um recipiente com volume determinado e posteriormente provocar-lhe uma redução de volume usando uma força externa. A essa propriedade dá-se o nome de:

- A) difusibilidade.
- B) compressibilidade.
- C) elasticidade.
- D) expansibilidade.
- E) vaporabilidade.

8) O ar possui a propriedade de aumentar seu volume e adquirir o formato do recipiente que o contém.

Essa propriedade é denominada de:

A) difusibilidade.

A) compressibilidade.

B) elasticidade.

C) expansibilidade.

D) vaporabilidade

9) Uma das propriedades dos líquidos que tem mais aplicações tecnológicas é a sua propriedade de não diminuir de volume, em condições normais de temperatura e pressão, quando submetido a uma força externa. Esta propriedade é chamada de:

A) viscosidade

B) vaporabilidade

C) incompressibilidade

D) imponderabilidade

E) indifusibilidade

10) A respeito do estado físico da matéria, marque a alternativa correta:

A) No estado líquido, a matéria pode variar amplamente a forma e o volume.

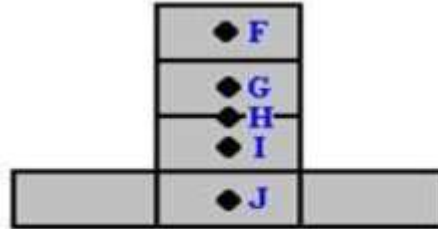
B) A matéria se encontra em três estados físicos distintos: sólido, líquido, gasoso.

C) No estado sólido, as moléculas estão "presas" umas às outras e não há movimento de vibração.

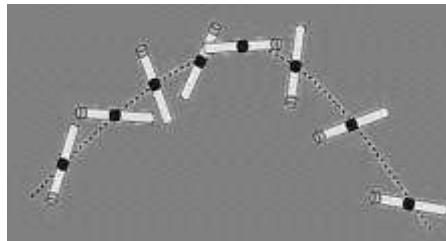
D) O estado gasoso é o estado onde as moléculas estão relativamente próximas e possuem forma bem definida.

E) O plasma é o quarto estado da matéria e também o estado em que a maioria da matéria se encontra no universo.

- 11) Seis peças de um jogo de dominó estão dispostas como na figura. Dos pontos indicados (F, G, H, I, J) o que melhor localiza o centro de massa desse conjunto é:



- 12) Na figura vemos que uma série de fotos, tiradas em intervalos bem pequenos, de uma barra de ferro em movimento. Ainda pela figura podemos ver que essa barra descreve uma trajetória parabólica em torno do seu centro de massa, descrita pelo ponto preto

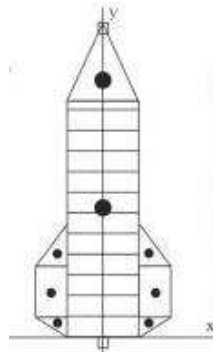


A respeito do centro de massa é correto afirmar que:

- A) É o ponto onde agem todas as forças sobre a barra de ferro.
 - B) É ponto onde a resultante das forças centrípetas que agem sobre a barra de ferro é nula.
 - C) É o ponto de equilíbrio das forças gravitacionais que agem sobre a barra de ferro e está relacionado com a massa de cada parte que o compõe.
 - D) É o ponto onde está concentrada toda a massa da barra de ferro e todas as forças que atuam na barra também está localizada nesse ponto.
- 13) O centro de pressão é o ponto de equilíbrio de forças exercidas sobre um Foguete e contribui para a correção de sua trajetória. Esse ponto está relacionado à:

- A) Força peso
- B) Força gravitacional
- C) Forças aerodinâmicas
- D) Força de resistência do ar.

14) A figura abaixo mostra o esquema de um foguete destacando dois pontos ao longo do eixo y .



Esses pontos estão relacionados ao centro de massa e ao centro de pressão. Para que tenhamos um voo estável, sem turbulências, em um campo gravitacional uniforme, é necessário que:

- A) O centro de massa esteja acima do centro de pressão.
- B) E centro de massa esteja abaixo do centro de pressão.
- C) O centro de massa e centro de pressão estejam no mesmo ponto
- D) A estabilidade do voo não depende da posição relativa entre o centro de massa e o centro de pressão.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. J. P. M. Uma Concepção Curricular para a Formação do Professor de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. Vol. 14, nº 3, 1992.

ALVES FILHO, J. P. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, UFC, Florianópolis, 2000.

_____. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 174-188, 2000.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: Problematizando as Atividades em Sala de Aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciência: unindo a pesquisa e a prática**: ed. São Paulo. Cengage Learning, 2010. (p. 19-32)

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999. 64p.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2005.

DA ROSA, C. T. W.; ROSA, A. B. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. REEC: **Revista electrónica de enseñanza de las ciencias**, v. 4, n. 1, p. 2, 2005.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 17 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. Tradução Trieste Freire Ricci. 11. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

MARQUES, N. L. R. **Transposição Didática dos Saberes**. 2014. Trabalho apresentado no 10º Simpósio Sul-Rio-Grandense de Professores de Ciências e Matemática, Pelotas, 2014.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **A física na formação de professores do ensino fundamental**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 1999.

SILVA, V. C. L. **A utilização de protótipos de mini-foguetes como estratégia da promoção de aprendizagem significativa das leis do movimento de Newton, em nível médio**. Dissertação (Mestre em Ensino de Ciência) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

PROGRAMA AEB-ESCOLA – **Repositório de materiais didáticos e outros**. Disponível em: <http://aebescola.aeb.gov.br/index.php/repositorio>. Acesso em: 11 out. 2015.

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

VILLANI, A. Reflexões sobre o ensino de Física no Brasil: Práticas, Conteúdos e Pressupostos. **Revista de Ensino de Física**, vol. 6, nº 2, 1984. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol06a18.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2014.