

PRODUTO EDUCACIONAL

UMA PROPOSTA INVESTIGATIVA SOBRE A PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA POR MEIO DO MOTOR *STIRLING*

Por:

Sebastião Kelson de Oliveira

Produto Educacional apresentado em Dissertação de Mestrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) no curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Manoel Leonel de Oliveira Neto, DSc

Coorientador: M^a da Glória F. N. Albino, DSc

Natal, RN
Novembro/2018

O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a sua fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores ou produção própria e utilizadas para fins didáticos. Caso sinta que houve violação de seus direitos autorais, por favor, contate os autores para solução imediata do problema. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico.

SEBASTIÃO KELSON DE OLIVEIRA
MANOEL LEONEL DE OLIVEIRA NETO, DSC
M^a DA GLÓRIA F. N. ALBINO, DSC

**UMA PROPOSTA INVESTIGATIVA SOBRE A PRIMEIRA LEI DA
TERMODINÂMICA POR MEIO DO MOTOR *STIRLING***

1^a edição

Natal, RN
Novembro/2018

Caderno de orientação para o professor

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 OBJETIVO	7
1.2 CONTEÚDOS DE APRENDIZAGEM	7
1.3 O PAPEL DO PROFESSOR	8
1.4 ORGANIZAÇÃO DO MATERIAL	8
2 PRIMEIRA ETAPA	9
2.1 INTRODUÇÃO	9
2.2 OBJETIVO GERAL	9
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
2.4 MATERIAIS E FERRAMENTAS	10
2.5 MOTOR <i>STIRLING</i>	11
2.6 PROCEDIMENTO DA ATIVIDADE	11
2.7 ETAPAS DA CONSTRUÇÃO	12
3 SEGUNDA ETAPA: INVESTIGAÇÃO	22
3.1 INTRODUÇÃO	22
3.2 OBJETIVO	22
3.3 ESTRUTURA DAS AULAS	23
3.4 CRONOGRAMA	23
3.5 PROCEDIMENTOS DA ATIVIDADE	24
3.6 ATIVIDADE INVESTIGATIVA – 1	25
3.6.1 Objetivo	25
3.6.2 Materiais	25
3.6.3 Questionário – 1	25

3.7 ATIVIDADE INVESTIGATIVA – 2	26
3.7.1 Objetivo	26
3.7.2 Material	26
3.7.3 Questionário – 2	27
REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

Este material contém o produto pedagógico, desenvolvido a partir do objetivo geral do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Ele tem como objetivo apresentar uma proposta investigativa sobre a primeira lei da Termodinâmica no ensino médio por meio do motor *Stirling*.

Os motivos que levaram a desenvolver este trabalho foram: criar um ambiente de aprendizagem aberta e dinâmica baseado na troca de experiências e na interação entre aluno-aluno e aluno-professor, proporcionando assim, a união entre a teoria e a prática de forma ativa e reflexiva na construção do conhecimento.

A busca por novas metodologias de ensino tem sido alvo constante de várias pesquisas na área da educação. O uso restrito ao ensino tradicional, baseado apenas em aulas teóricas e expositivas, não atende mais às demandas do ensino escolar atual, fazendo com que se busque outras metodologias de ensino que atenda às necessidades atuais.

O ensino investigativo é uma metodologia que tem como prática estimular os alunos a pensar, questionar e discutir os assuntos em sala de aula, por meio de situações-problema. Neste sentido, permite-se que o aluno participe ativamente de todas as etapas desde a apresentação do problema até a sua solução. Neste sentido, a experimentação é um caminho que pode ser usada para motivar, ilustrar um princípio, testar hipótese ou como investigação.

Para esta proposta, foram realizadas pesquisas que levaram a construção de um motor *Stirling* como elemento motivador do processo de ensino aprendizagem e que fosse utilizado como objeto de investigação para construir conceitos sobre primeira lei da Termodinâmica. Desse modo, consideramos que a escolha do uso do motor *Stirling* em aulas de Física pode favorecer a aprendizagem significativa de conceitos de Termodinâmica.

Contudo, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (1999) asseguram que o ensino de Termodinâmica deve ser priorizado em relação a outros conteúdos de física térmica, e que se deve dar oportunidade de conhecer o funcionamento das máquinas térmicas, a forma como ocorre a transformação de energia térmica em energia mecânica e todas as outras transformações nelas envolvidas.

Em seguida, serão apresentados os principais conceitos físicos e leis que estão relacionados com a proposta do ensino investigativo sobre a primeira lei da termodinâmica por meio do motor Stirling.

- ✓ Termodinâmica – é o ramo da física que estuda as relações entre calor, temperatura, trabalho e energia.
- ✓ Sistema termodinâmico – quantidade de matéria com massa e identidade fixas sobre a qual nossa atenção é dirigida.
- ✓ Calor – “é uma forma de energia que é transferida em razão de uma diferença de temperatura” (TIPLER; MOSCA, 2012, p. 600).
- ✓ Temperatura – é uma medida quantitativa de uma qualidade macroscópica relacionada com nosso senso de quente e frio.
- ✓ Energia – “é uma medida de sua habilidade em realizar trabalho” (TIPLER E MOSCA, 2009, p. 171).
- ✓ Trabalho – “é uma transferência de energia por uma força” (TIPLER E MOSCA, 2009, p.169).
- ✓ Energia interna – é a soma da energia cinética de cada átomo com a energia potencial resultante da interação do conjunto de átomos desta porção de matéria.
- ✓ Princípio da conservação da energia – a energia não pode ser criada nem destruída, mas somente transformada de uma espécie em outra.
- ✓ Lei zero da termodinâmica – se dois corpos estiverem em equilíbrio térmico com um terceiro, estarão em equilíbrio térmico entre si.
- ✓ Primeira lei da termodinâmica – o calor recebido por um sistema é igual à soma entre a variação da energia interna do sistema e o trabalho efetuado pelo sistema, ou seja, é simplesmente o princípio da conservação da energia. Esse princípio assegura que a energia é uma propriedade termodinâmica.

1.1 OBJETIVO

- ✓ Orientar o desenvolvimento de uma atividade investigativa sobre a Primeira Lei da Termodinâmica por meio do motor *Stirling*.

1.2 CONTEÚDOS DE APRENDIZAGEM

Conceituais:

- ✓ Calor;
- ✓ Temperatura;
- ✓ Trabalho;
- ✓ Energia interna;
- ✓ Princípio da conservação de energia;
- ✓ Primeira Lei da Termodinâmica.

Procedimentais:

- ✓ Construir experimentos;
- ✓ Desenvolver habilidades práticas;
- ✓ Mobilizar os alunos;
- ✓ Ensinar procedimentos;
- ✓ Orientar a realização das atividades;
- ✓ Dialogar para construir conceitos;
- ✓ Favorecer a interação e a cooperação entre os alunos;
- ✓ Estimular o desenvolvimento de habilidades;
- ✓ Favorecer a construção da autonomia intelectual dos alunos;
- ✓ Incentivar a investigação.

Atitudinais:

- ✓ Estimular a investigação;
- ✓ Manter a motivação para a realização das atividades;
- ✓ Valorizar a cooperação, participação, empenho e a organização durante a atividade.

1.3 O PAPEL DO PROFESSOR

O professor tem o papel de criar um ambiente em que o aluno se sinta livre e confiante para desenvolver todas as suas potencialidades. Portanto, a sua função é de orientar a construção de experimentos, dialogar, propor questões, questionar,

sistematizar o conteúdo e introduzir conceitos. Além disso, deve incentivar os alunos, na observação dos fenômenos, a discussão entre os pares, na elaboração de hipóteses, no registro de informações e na comunicação dos resultados.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO MATERIAL

O material foi estruturado em duas etapas, como mostra o esquema abaixo:



Figura 1 – Organização do material do professor, por etapas.

2 PRIMEIRA ETAPA

2.1 INTRODUÇÃO

A proposta é construir um motor *Stirling* de forma interativa e com materiais de baixo custo e de fácil aquisição. Após a sua construção, os alunos podem interagir, manusear, investigar e discutir os fenômenos e conceitos físicos a partir dos quais se dá o funcionamento do motor.

De acordo com Paviani e Fontana (2009), a relação entre a teoria e prática é sempre um desafio em todas as áreas do conhecimento. A uma grande distância entre pensar algo e executar, porém, essa dificuldade é possível de ser superada. Nesse sentido, é necessário construir estratégias que possam integrar os conhecimentos teóricos e práticos, portanto, essa relação é o que vai caracterizar as oficinas pedagógicas. O que é uma oficina?

Uma oficina é, pois, uma oportunidade de vivenciar situações concretas e significativas, baseada no tripé: sentir-pensar-agir, com objetivos pedagógicos. Nesse sentido, a metodologia da oficina muda o foco tradicional da aprendizagem (cognição), passando a incorporar a ação e a reflexão. Em outras palavras, numa oficina ocorrem apropriação, construção e produção de conhecimentos teóricos e práticos, de forma ativa e reflexiva. (PAVIANI & FONTANA, 2009, P.78).

Segundo Hudson (1994), as oficinas também se caracterizam pela utilização de atividades experimentais, principalmente as realizadas pelos próprios participantes, considerando o potencial que tais atividades têm para despertar o interesse e a curiosidade, além de oferecer oportunidades dos estudantes conhecerem os fenômenos científicos, sobre os quais, muitas vezes, já ouviram falar ou aprenderam teoricamente.

2.2 OBJETIVO GERAL

- ✓ Orientar os alunos a construírem o motor *Stirling*.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Motivar e despertar a atenção dos alunos;
- ✓ Desenvolver a capacidade de trabalhar em grupo;
- ✓ Trabalhar habilidades manipulativas.

2.4 MATERIAIS E FERRAMENTAS

Para a realização das atividades, foram utilizados os seguintes materiais e ferramentas mostrado no quadro 1.

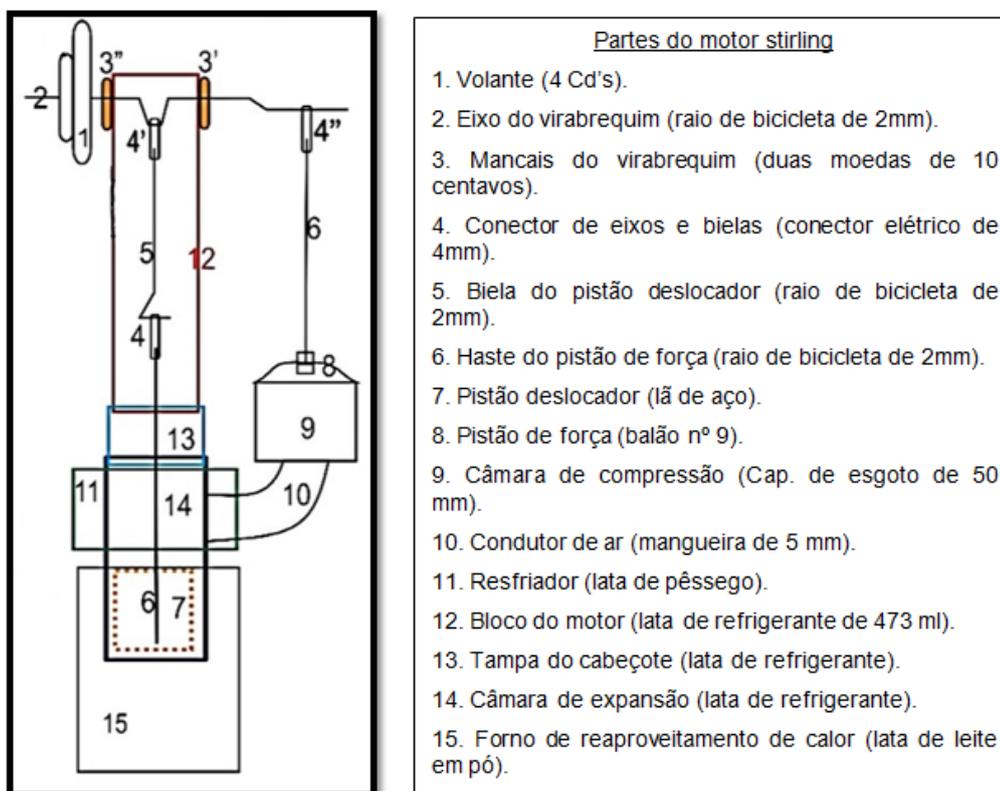
Materiais	Ferramentas
Quatro raios de bicicleta; Uma esponja de aço; Seis conectores de eletricidade; Uma tampa plástica de iogurte de aproximadamente 5 cm de diâmetro; Uma tampa de garrafa pet; Uma lixa. Um tubo de cola de silicone para altas temperaturas; Um cap de esgoto de 50 mm; Quatro latinhas de refrigerante; Uma bexiga de número 10; Uma mangueira de borracha de 40 cm de comprimento e 5 mm de diâmetro; Uma lata de leite em pó; Uma lata de pêssego; Quatro discos de CD; Porcas, parafusos e arruelas	Furadeira; Chave de fenda; Alicate; Martelo; Régua escolar de 30 cm; Estilete de 15 cm; Tesoura.

Quadro 1 – Materiais e ferramentas.

ATENÇÃO!

Durante a construção do motor Stirling, é importante o uso de alguns equipamentos de proteção individual (EPI), como por exemplo óculos, reduzindo qualquer tipo de risco para o aluno.

2.5 MOTOR STIRLING



Fonte: <https://motoresStirling.files.wordpress.com/2016/04/slide21.jpg>
 Figura 2 – Especificações das partes componentes do motor *Stirling*.

2.6 PROCEDIMENTO DA ATIVIDADE

Com duas semanas de antecedência, os alunos deverão ser informados sobre a realização da oficina que tem como objetivo a construção de um motor *Stirling*. Em seguida, a turma será dividida em grupos e, após a formação desses, eles ficarão responsáveis por juntar e organizar todos os materiais necessários para a construção do motor no tempo programado.

Momentos antes do início da oficina, o professor deve chamar atenção dos alunos sobre os cuidados com o manuseio de material e ferramentas, além das regras de convivência pautadas no respeito aos colegas, professores e funcionários. Cada grupo deverá ser informado de que, para construir o motor *Stirling*, eles deverão seguir os passos de I a XII indicado no caderno do aluno.

Após a construção do motor *Stirling*, deverá ser feita uma avaliação da oficina, onde os alunos responderão um questionário que tem como objetivo avaliar os seguintes parâmetros: construção e funcionamento do motor, motivação, participação,

cooperação, grau de satisfação, atividades experimentais, atividades em grupo. Também será feita uma auto - avaliação, cuja função é fazer o aluno adquirir capacidade de analisar suas aptidões e atitudes, dessa forma, o aluno torna-se sujeito do processo de aprendizagem, adquire responsabilidade sobre ele, aprende a enfrentar limitações e aperfeiçoar suas potencialidades.

ATENÇÃO!!

- Informar aos alunos sobre os cuidados que eles devem ter ao manusear ferramentas para furar ou cortar, e que todos esses procedimentos deverão ser acompanhados pelo professor.
- Comunicar sobre os cuidados ao manipular a vela acesa para não se queimar com a chama ou com a parafina derretida.
- Informar sobre as regras de convivência pautadas no respeito ao professor, colegas e funcionários.

2.7 ETAPAS DA CONSTRUÇÃO

Os alunos deverão ser informados de que, para construírem o motor *Stirling*, eles deverão seguir os passos indicados nos itens de I a XII.

I – Volante

Para fazer o volante, utilizaremos quatro cd's, dois discos de cobre de 25 mm de diâmetro, um conector e um raio de bicicleta de 2 mm de diâmetro com cabeça rosqueada. Na sequência faremos dois furos em cada disco, sendo um de 4 mm e outro de 2 mm. Em seguida, montaremos o volante mantendo o alinhamento entre suas partes.

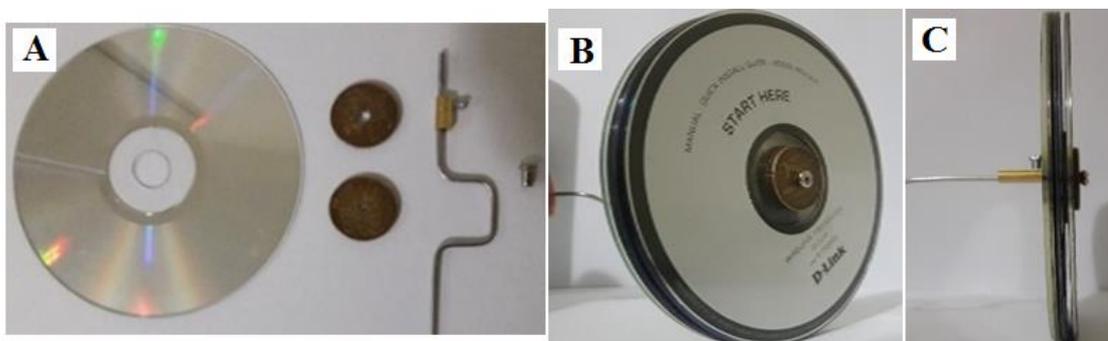


Figura 3 – Materiais para fazer o volante (A); volante construído visto de frente (B); volante construído visto de perfil (C).

DICA! O uso da furadeira deve ser feito na presença do professor.

II - Eixo do virabrequim, biela do pistão deslocador e haste do pistão de força

Para construir o eixo do virabrequim, utilizaremos um raio de bicicleta de 2 mm de diâmetro com suas respectivas medidas (Figura 4).

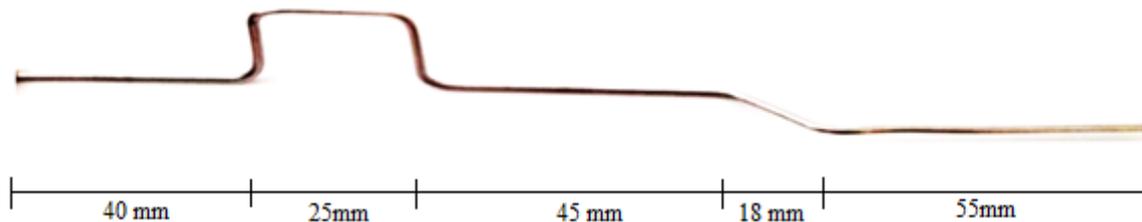


Figura 4 – Eixo do virabrequim e suas medidas.

Para construir o pistão deslocador, utilizaremos um raio de bicicleta de 2 mm com suas respectivas medidas (Figura 5).

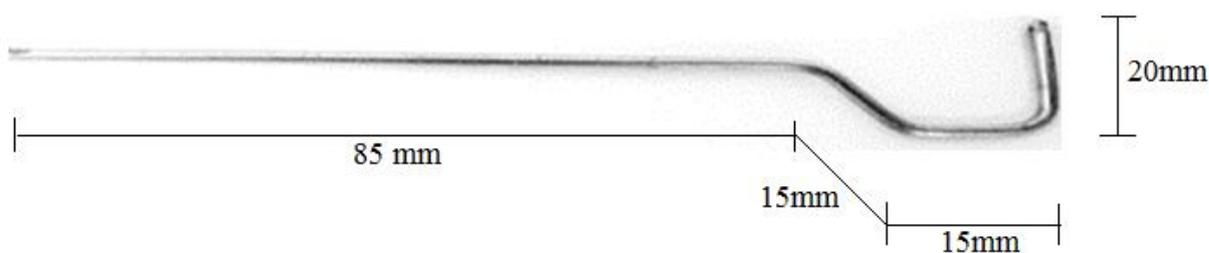


Figura 5 – Medidas da biela do pistão deslocador.

Para construir a haste do pistão, utilizaremos um raio de bicicleta de 2 mm de diâmetro e 180 mm de comprimento (Figura 6).

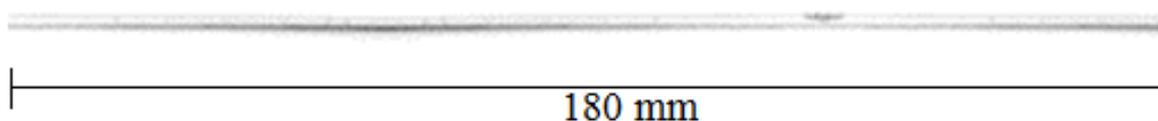


Figura 6 – Medida da haste do pistão de força.

III - Mancais do virabrequim

Para fazer os mancais, utilizaremos dois discos de cobre de 25 mm de diâmetro. Em cada um dos discos faremos um furo no centro utilizando uma broca de 2 mm. Na sequência, é importante verificar o ajuste adequado das mesmas ao eixo do virabrequim (Figura 7).



Figura 7 – Discos de cobre de 25 mm de diâmetro.

DICA! O uso da furadeira deve ser feito na presença do professor.

IV - Pistão deslocador

O pistão deslocador (Figura 8) deverá ser feito com palha de aço enrolado suavemente a haste, dois discos de alumínio vazados, retirados da parte superior de latas de refrigerante e um conector para manter a estrutura fixa. A estrutura deverá ter uma espessura de 30 mm. Em seguida, deve-se verificar o ajuste do pistão na câmara de expansão.



Figura 8 – Pistão deslocador construído.

V - Pistão de força

Para fazer o pistão de força, utilizaremos uma tampa de água mineral, uma tampa de iogurte, uma arruela de câmara de ar de bicicleta, um raio de bicicleta de 2 mm de diâmetro com cabeça rosqueada e um balão de aniversário nº 10.

Com uma furadeira, faremos um furo de 2 mm no centro de cada tampa. A cabeça do raio deverá ser serrada e dividida em duas partes, que serão utilizadas para fixar todas as peças no eixo (Figura 9).

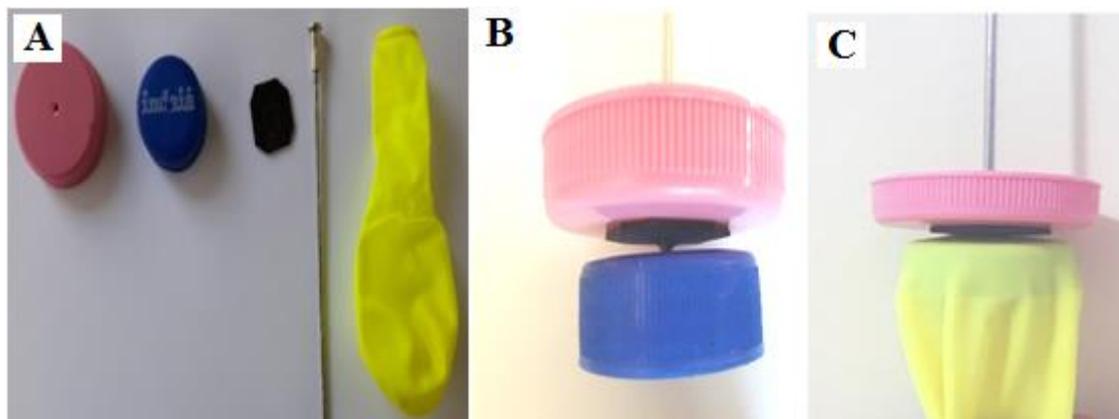


Figura 9 – Materiais que irão formar o pistão de força (A); pistão parcialmente construído (B); pistão construído (C).

DICA! O uso do estilete deve ser feito na presença do professor.

VI - Câmara de compressão

A câmara de compressão deverá ser feita com um cap de esgoto de 50 mm de diâmetro e 40 mm de altura. Faremos dois furos de 8 mm de diâmetro na lateral do cap onde colocaremos duas mangueiras para entrada e saída de ar e dois furos na parte inferior, um central com 5 mm de diâmetro, onde será fixado a cantoneira, e outro na extremidade com 4 mm de diâmetro para controle e ajuste do pistão. Posteriormente, instalaremos o parafuso de ajuste e a cantoneira.

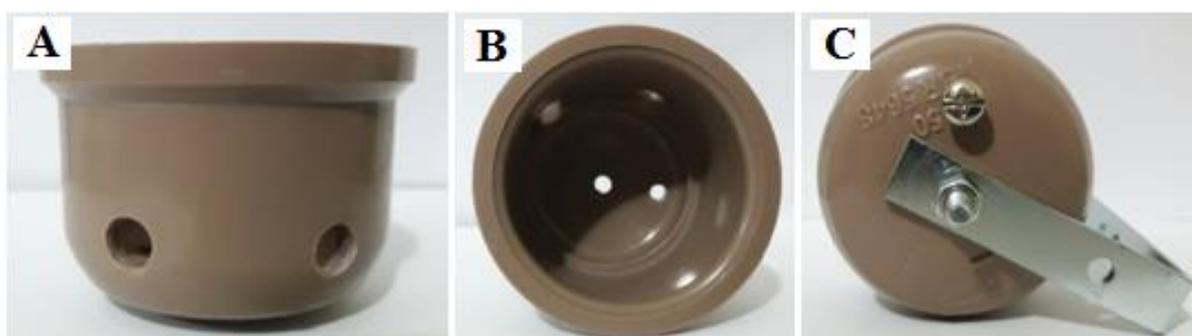


Figura 10 – Cap de esgoto com furos na lateral (A); cap com furos na parte inferior (B); câmara de compressão finalizado (C).

DICA! O uso da furadeira deve ser feito na presença do professor.

VII - Condutor de ar

O condutor de ar deverá ser feito com uma mangueira de 5 mm de diâmetro. A mesma terá a função de conectar o cabeçote à câmara de compressão (Figura 11).



Figura 11 – Condutor de ar interligando a câmara de compressão e o primeiro cabeçote.

DICA! O condutor de ar deve ficar bem vedado com o uso de cola de silicone.

VIII – Resfriador

Para o sistema de resfriamento utilizaremos uma lata de pêssigo com 100 mm de diâmetro e 45 mm de altura. Faremos um furo central com 65 mm de diâmetro, onde será encaixada a câmara de expansão. Em seguida faremos a vedação da mesma com cola de silicone para alta temperatura, para evitar vazamentos.

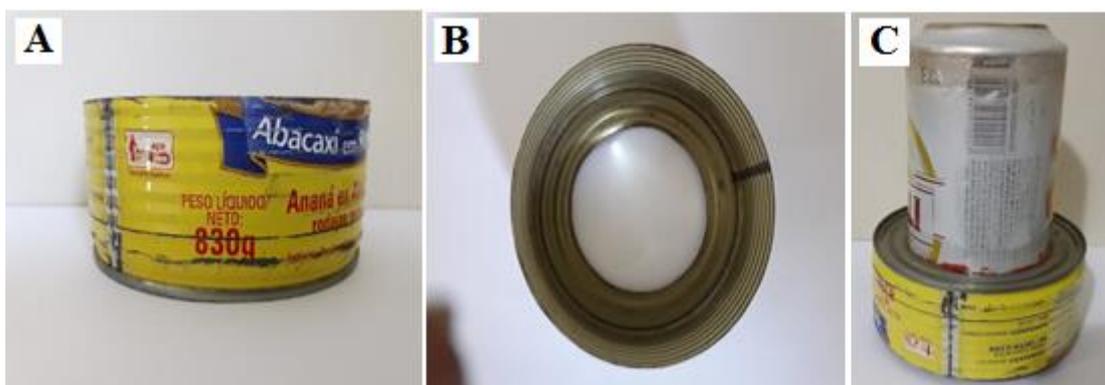


Figura 12 – Vista lateral do resfriador (A); vista de cima (B); resfriador acoplado a câmara de expansão (C).

DICA! O uso da furadeira deve ser feito na presença do professor.

IX - Bloco do motor

Utilizando um estilete, faremos uma abertura na lateral da lata (Figura A) com aproximadamente 70mm de altura e 40 mm de largura. Para retirar a parte superior e inferior da lata provocaremos um atrito com a utilização de uma lixa até que essas partes se soltem uniformemente (Figura B).

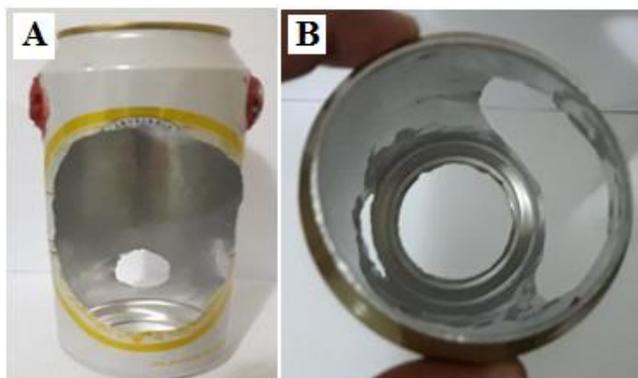


Figura 13 – Vista lateral do bloco do motor (A); vista de cima do bloco do motor (B).

DICA! O uso do estilete deve ser feito na presença do professor.

X - Cabeçotes

Utilizaremos dois cabeçotes, o primeiro com um comprimento de 60 mm e o segundo com 50 mm. Na parte inferior de cada cabeçote faremos um furo central com uma broca de 1,5 mm. Com o auxílio de um martelo, forçaremos a passagem do raio de 2 mm para que fique bem ajustado, ou seja, sem nenhuma folga, evitando assim, fugas de ar durante o funcionamento do motor (Figura A).

No primeiro cabeçote, faremos também quatro furos de 8 mm sendo dois nas laterais e dois na parte inferior ambos para a passagem da mangueira de condução de ar (Figura B).

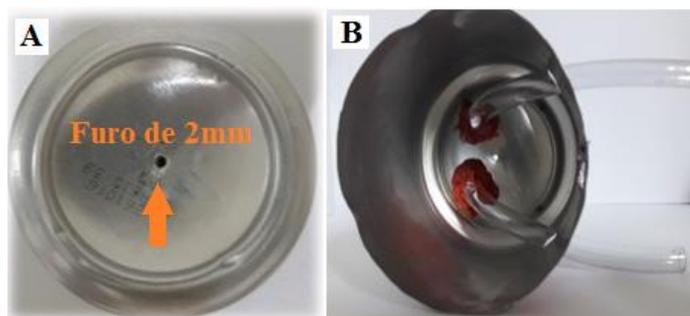


Figura 14 – Vista da parte externa inferior do segundo cabeçote (A); vista do interior do primeiro cabeçote (B).

DICA! O uso do estilete e da furadeira deve ser feito na presença do professor.

Na sequência, faremos com que o segundo cabeçote se encaixe no primeiro em cerca de 5 mm, devendo ser mantido o alinhamento entre eles (Figura 15).



Figura 15 – Cabeçotes acoplados.

XI - Câmara de expansão e forno de reaproveitamento de calor

A câmara de expansão deverá ser feita com uma lata de refrigerante de 350 ml e 65 mm de diâmetro. Faremos um corte deixando a mesma com uma altura de 100 mm. O procedimento de cortar a lata deverá ser feito com o cuidado necessário para evitar irregularidades nas bordas e assim evitar o seu rompimento durante o encaixe.

O forno para o reaproveitamento deverá ser feito com uma lata de leite em pó, onde faremos uma abertura na frente com 50 mm de altura e 70 mm de largura.



Figura 16 – Câmara de expansão acoplada ao resfriador (A); forno de reaproveitamento de calor finalizado (B).

DICA! Fazer a vedação com cola de silicone, esperar secar e fazer o teste com água.

XII - Motor *Stirling*

Após terminar todas as etapas de construção das partes do motor *Stirling*, os alunos deverão montar cuidadosamente as mesmas, tendo o cuidado necessário nesse momento, com os encaixes, alinhamento e vedação, para permitir o seu completo funcionamento. Para finalizar, os alunos deverão colocar o motor para funcionar.



Figura 17 – Motor *Stirling* finalizado.

Dicas de vídeos!

Para maiores informações sobre a construção do motor *stirling*, acesse:

[Tutorial] Como construir Motor Stirling caseiro passo a ... - YouTube
<https://www.youtube.com/watch?v=4qLPvydyJ90>

Tutorial simples Como fazer um motor Stirling caseiro passo a passo As do Stirling engine-YouTube
<https://www.youtube.com/watch?v=itZDyNGpZVs>

Após a construção do motor *Stirling*, os alunos deverão realizar as seguintes avaliações:

I – Auto-avaliação

Em uma escala de 1 a 10, responda as seguintes perguntas:

- Questão 1: Participei ativamente dos trabalhos em grupo?

Não									Sim
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

- Questão 2: Senti-me responsável?

Não									Sim
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

- Questão 3: Respeitei a opinião dos outros?

Não									Sim
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

- Questão 4: A oficina me motivou e despertou minha atenção?

Não									Sim
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

- Questão 5: Fiz perguntas ao professor quando não entendi a explicação?

Não									Sim
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Sugestões

II – Avaliação da oficina

➤ Questão 6: O que você destacaria como ponto(s) importante(s) na realização dessa atividade? Pode marcar mais de um item.

(A) o trabalho em grupo.

(B) a organização quanto a divisão de tarefas.

(C) o desafio de construir algo novo.

(D) acesso fácil aos materiais.

(E) vídeos na internet.

(F) outro (s). Qual (ais)? _____

➤ Questão 7: Durante a construção, você encontrou alguma dificuldade? Se sim, indique suas dificuldades.

(A) não.

(B) fazer a vedação do motor.

(C) fazer o corte dos materiais

(D) fazer o ajuste e o encaixe das partes do motor.

(E) fazer o pistão.

(F) tirar as medidas.

(H) outra (s). Qual(ais)? _____

Em uma escala de 1 a 10, como você avalia as seguintes questões:

➤ Questão 8: Houve participação e integração dos componentes do seu grupo durante a realização da oficina?

Ruim

Perfeito

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

➤ Questão 9: Você gosta de realizar atividades experimentais?

Ruim

Perfeito

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

➤ Questão 10: Indique seu grau de satisfação com a oficina

Ruim								Perfeito	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3 SEGUNDA ETAPA: INVESTIGAÇÃO

3.1 INTRODUÇÃO

O ensino de Ciências por investigação é uma estratégia bem diferente das metodologias de ensino frequentemente utilizadas na maioria das escolas. Afinal de contas, o que é vem a ser ensinar por investigação?

Um artigo publicado pela Secretaria Municipal de Educação de Ipatinga (2011) relata que, o ensino por investigação é um método, entre vários outros, em que o professor pode usar como forma de diversificar a sua prática em sala de aula. Esse método abrange quaisquer atividades que tenha como foco o aluno, possibilite o desenvolvimento da autonomia, capacidade de tomar decisões, construir experimentos, realizar observações, discussões, de analisar e resolver problemas, e dessa forma, apropriar-se de conceitos e teorias das Ciências da natureza.

Nesta continuidade, a investigação pode ser considerada como uma atividade que depende de várias habilidades não apenas de construir questões, mas também de buscar as respostas para todas questões apresentadas. Para o aluno aprender a investigar, é necessário desenvolver uma série de habilidades, tais como, observar, planejar, discutir, levantar hipóteses, argumentar, refletir e construir explicações de caráter teórico. Apesar disso, essas habilidades não precisam ser trabalhadas todas ao mesmo tempo, de uma única vez ou numa única atividade.

3.2 OBJETIVO

✓ Construir junto com os alunos os conceitos que conduzam a compreensão da Primeira Lei da Termodinâmica.

3.3 ESTRUTURA DAS AULAS

As aulas foram planejadas para serem realizadas em três momentos: investigação, sistematização do conteúdo e a comunicação dos resultados. Além disso, as atividades deverão ser realizadas em grupos com o intuito de promover a troca de conhecimento e a discussão entre os alunos, porém, é fundamental que eles respondam as perguntas de forma individual.

Na fase de investigação, o professor deve estar atento as discussões e ao mesmo tempo estimular o aluno na manipulação dos materiais, na observação dos fenômenos, nas discussões entre os pares, no levantamento de hipóteses, no registro das informações e na comunicação dos resultados. A sistematização do conteúdo ocorrerá por meio de aulas dialogadas, auxílio de vídeos de curta duração e recortes de questões feitas pelos alunos durante as atividades investigativas. Durante a sistematização, o professor esclarecerá os conceitos trabalhados além de tirar dúvidas dos alunos. Para finalizar, cada grupo terá 15 minutos para comunicar os resultados a turma sobre o que eles aprenderam sobre a primeira lei da Termodinâmica.

3.4 CRONOGRAMA

Serão realizadas duas atividades investigativas cada uma dividida em três momentos, ver Quadro 2.

Estrutura das atividades realizadas	
Primeiro momento	<p style="text-align: center;"><u>Investigar</u></p> <p>Os alunos precisam ser encorajados a realizarem os seguintes procedimentos: Montar e/ou manusear experimentos. Observar os fenômenos. Discutir com os pares. Levantar hipóteses. Fazer o registro por escrito das informações.</p>
Segundo momento	<p style="text-align: center;"><u>Sistematizar conteúdo</u></p> <p>Esta será feita por meio de aula dialogada, auxílio de vídeos e recortes de questões trabalhadas com os alunos.</p>
Terceiro momento	<p style="text-align: center;"><u>Comunicar resultados</u></p> <p>Cada grupo deverá ser estimulado a apresentar à classe o resultado do que ele aprendeu sobre a primeira lei da Termodinâmica.</p>

Quadro 2 – Estruturação das atividades.

As atividades investigativas 1 e 2 foram divididas em três momentos e distribuídas em 12 aulas de 45 minutos (Quadro 3).

CRONOGRAMA DE ATIVIDADES	
	Aulas
Investigação	
Atividade investigativa 1	3
Atividade investigativa 2	3
Sistematização do conteúdo	
Atividade investigativa 1	2
Atividade investigativa 2	2
Comunicação de resultados	2

Quadro 3 – Atividades e aulas.

3.5 PROCEDIMENTOS DA ATIVIDADE

Na primeira atividade investigativa, foram distribuídos para cada grupo um *kit* experimental (Figura 18) e para cada aluno, o questionário 1 (Figura 19). Em seguida, eles foram orientados e incentivados a manusear o material do kit e discutir soluções para os problemas e resolver as questões a eles relacionados. Na atividade investigativa 2, os alunos utilizaram o motor *Stirling* com o objetivo de investigar e responder as questões propostas no questionário 2 (Figura 21).

Devido à falta de experiência nesse tipo de atividade, é importante que eles sejam orientados a seguir a sequência: manipular o material, observar o fenômeno, discutir com os pares, levantar hipóteses e fazer o registrar as informações. É importante que o professor não dê a resposta das questões neste momento; somente instigue a discussão entre os alunos. Vale salientar que todos esses passos deveram ser acompanhados e incentivados pelo professor.

Após a investigação, o professor deverá sistematizar o conteúdo por meio de aulas dialogadas, uso de vídeos (YOUTUBE, 2018c; YOUTUBE, 2018d; YOUTUBE, 2018e) e recortes de questões feitas pelos próprios alunos.

Para finalizar, cada grupo terá disponível em tempo de 15 minutos para comunicar a turma os resultados de sua aprendizagem em relação a primeira lei da Termodinâmica.

3.6 ATIVIDADE INVESTIGATIVA – 1

3.6.1 Objetivo

- ✓ Construir com os alunos os conceitos de calor, trabalho e energia interna.

3.6.2 Materiais

- Uma seringa de injeção de vidro de 20 ml, com agulha;
- Um recipiente com água fria;
- Uma vela de parafina;
- Uma caixa de fósforo;
- Uma borracha escolar;
- Um pegador de madeira.

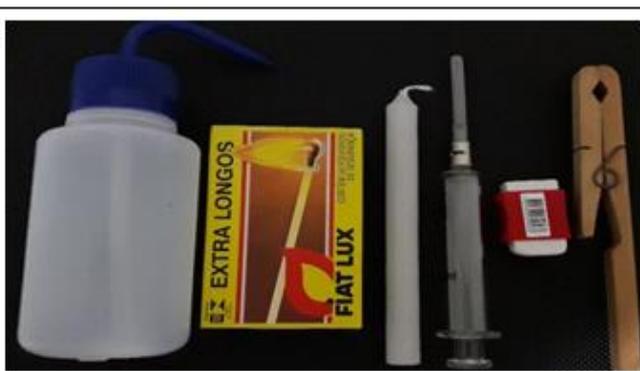


Figura 18 – Kit experimental.

ATENÇÃO!

- Informar aos alunos sobre os cuidados necessários ao manusear o vidro (seringa de injeção). Esse procedimento deve ser feito com a supervisão do professor.
- Comunicar sobre o cuidado ao manipular a vela acesa para não se queimar com a chama ou com a parafina derretida.
- Avisar sobre as regras de convivência pautadas no respeito ao professor, colegas e funcionários.

3.6.3 Questionário – 1

Para responder esse questionário, os alunos deverão ser informados que deverá seguir o seguinte roteiro:

- 1. Resolver os dois problemas.
- 2. Resolver as onze questões.

Problema 1	Problema 2
<p>Utilizando os materiais contidos no kit experimental, que procedimentos utilizaremos para movimentar o êmbolo tocando apenas na seringa? Dica: mantenha a seringa imóvel e na posição horizontal.</p>	<p>Resolvido o problema 1, que procedimentos utilizaremos para fazer o êmbolo retornar à posição inicial, sem tocá-lo? Dica: mantenha a seringa imóvel e na posição horizontal.</p>
	
<p>As questões de 1 a 08 se refere ao problema 1 e de 09 a 11 ao problema 2</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. DESCREVA os procedimentos usados para resolver o problema 1. 2. Quais os conceitos físicos envolvidos nesse experimento? 3. O que foi possível observar nesse experimento? Justifique sua resposta. 4. Como podemos calcular o trabalho Termodinâmico? Justifique sua resposta. 5. O trabalho foi realizado pelo gás ou sobre ele? Justifique sua resposta. 6. Ao fornecer calor ao sistema, o que acontece com as partículas do gás? 7. O que é energia interna de um gás? Justifique sua resposta. 8. A energia interna aumenta, diminui ou permanece constante? Justifique sua resposta. 09. DESCREVA os procedimentos usados para resolver o problema – 2. 10. O trabalho foi realizado pelo gás ou sobre ele? Justifique sua resposta. 11. O que ocorre com a energia interna do gás? Justifique sua resposta. 	

Figura 19 – Questionário 1.

3.7 ATIVIDADE INVESTIGATIVA – 2

3.7.1 Objetivo

✓ Estabelecer por meio de diálogo a relação entre as grandezas calor (Q), variação da energia interna (ΔU) e trabalho (W) como um princípio da conservação da energia aplicado as máquinas térmicas ($Q = \Delta U + W$).

3.7.2 Material

- ✓ Motor *Stirling*.
- ✓ Vela.

- ✓ Fósforo.
- ✓ Água.



Figura 20 – Motor *Stirling* finalizado.

3.7.3 Questionário – 2

Questão 1: Descreva os procedimentos usados para fazer o motor *Stirling* funcionar.

Questão 2: Represente por meio de um desenho ou esquema o motor *Stirling* e IDENTIFIQUE nele a fonte quente, a fonte fria e o fluido de trabalho.

Questão 3: EXPLIQUE o funcionamento do motor *Stirling* usando os conceitos de calor (Q), variação de energia interna (ΔU) e trabalho (W).

Figura 21 – Questionário 2.

REFERÊNCIAS

PAVIANI, N. M. S; FONTANA, N. M; Oficinas pedagógicas: relato de uma experiência. v. 14, n. 2, p. 77, 2009. Acesso: <<http://abenfisio.com.br/wp-content/uploads/2016/05/Oficinas-Pedag%C3%B3gicas.pdf>> Acesso em maio de 2018.

HUDSON, D. “Hacia um Enfoque Más Crítico del Laboratorio”. Enseñanza de Las Ciencias, 12, p.299-313, 1994.

SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO DE IPATINGA. **Programa de formação continuada-2011**. Disponível em: <<https://cenfopciencias.files.wordpress.com/2011/07/apostila-ensino-por-investigac3a7c3a3o.pdf>>. Acesso em: 31 maio 2018.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica, Brasília. 1999.

TIPLER, P.; MOSCA, G. Física para Cientistas e Engenheiros. (vol.1) 6ª. Edição. Trad. De Paulo Machado Mors. São Paulo: Editora LTC, 2009.

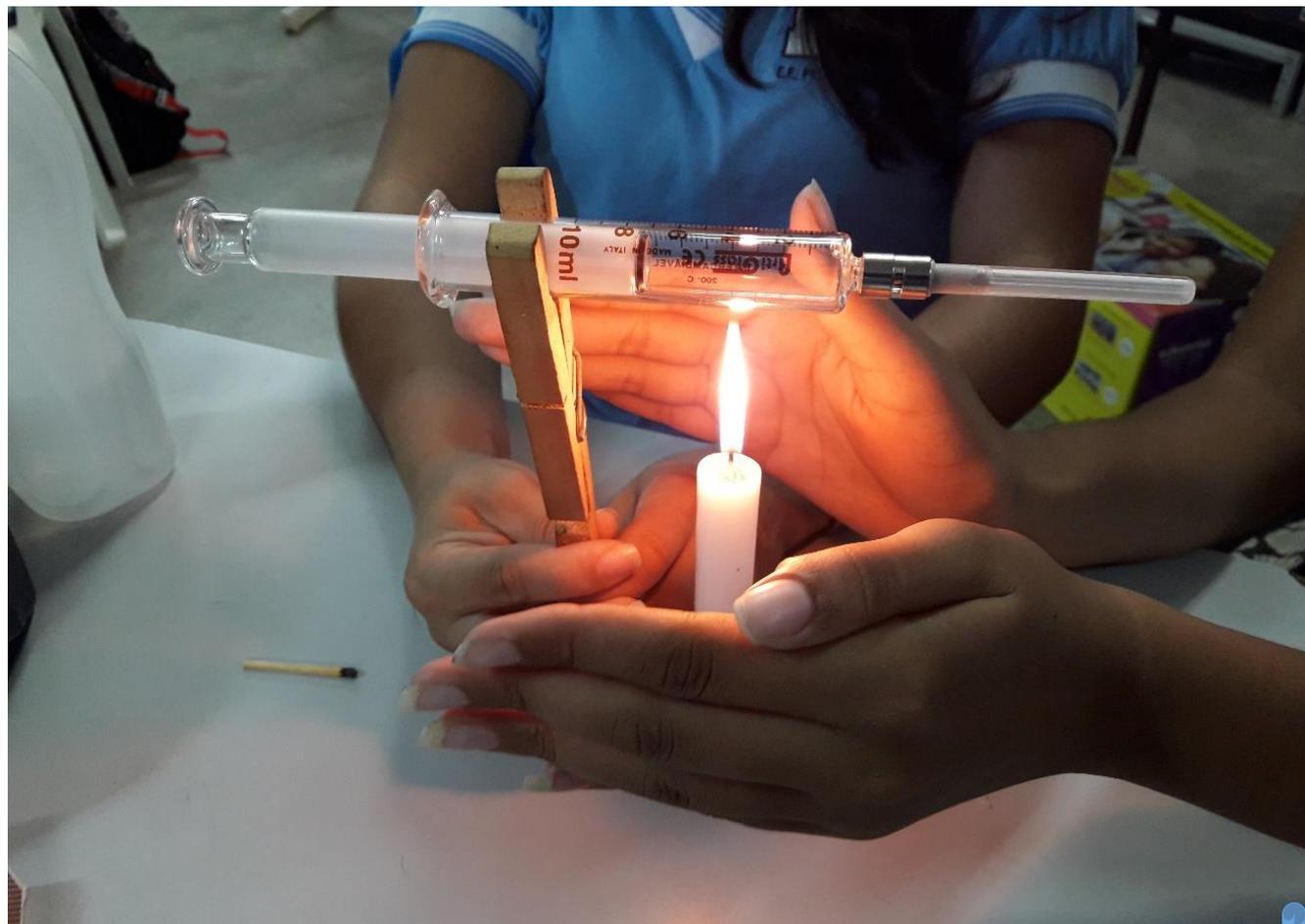
YOUTUBE. **Como construir motor Stirling caseiro passo a passo explicativo - Stirling engine**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=4qLPvydyJ90>>. Acesso em: 27 de maio de 2018a.

YOUTUBE. **Como fazer motor Stirling caseiro passo a passo – as do Stirling engine**. Disponível em :<<https://www.youtube.com/watch?v=itZDyNGpZVs>>. Acesso em: 30 de março de 2018b.

YOUTUBE. **Energia interna do gás ideal monoatômico**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ZF4ZC0Of6gc>>. Acesso em: 30 abr. 2018c.

YOUTUBE. **Termodinâmica: trabalho mecânico**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=j0iT_Uo2k5I>. Acesso em: 30 abr. 2018d.

YOUTUBE. **1ª Lei da Termodinâmica: transformação isobárica**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=gCHu8gGcW-0>>. Acesso em: 30 abr. 2018e.



CADERNO DE ATIVIDADES DO ALUNO



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	32
1.1 OBJETIVO	32
1.2 CONTEÚDOS DE APRENDIZAGEM	32
1.3 PAPEL DO ALUNO	33
1.4 ORGANIZAÇÃO DO MATERIAL	34
2 PRIMEIRA ETAPA	35
2.1 OBJETIVO	35
2.2 PROCEDIMENTOS	35
2.3 MATERIAIS E FERRAMENTAS	35
2.4 MOTOR <i>STIRLING</i>	36
2.5 ETAPAS DA CONSTRUÇÃO	37
2.6 AVALIAÇÃO DA OFICINA	44
3 SEGUNDA ETAPA	46
3.1 OBJETIVO	46
3.2 PROCEDIMENTOS	46
3.3 ATIVIDADE INVESTIGATIVA 1	47
3.3.1 Objetivo	47
3.3.2 Materiais	47
3.3.3 Questionário – 1	48
3.4 ATIVIDADE INVESTIGATIVA 2	48
3.4.1 Objetivo	48
3.4.2 Material	48
3.4.3 Questionário – 2	49

1 INTRODUÇÃO

O Ensino de Ciências por investigação é uma abordagem didática que tem como objetivo aproximar os estudantes de aspectos importantes de natureza da Ciência, além de proporcionar o protagonismo dos mesmos ao longo da construção do conhecimento. Durante a realização das atividades investigativas, os alunos terão liberdade para que possam desenvolver todas as suas potencialidades, ou seja, por meio do diálogo, eles possam interagir com seus pares, construir experimentos, discutir e propor soluções para os problemas. Nessa perspectiva, a aprendizagem de procedimentos ultrapassa a mera execução de certo tipo de tarefas, tornando-se uma oportunidade para desenvolver novas compreensões, significados e conhecimentos do conteúdo ensinado.

1.1 OBJETIVO

✓ Compreender a primeira lei da Termodinâmica de forma investigativa por meio do motor *Stirling*.

1.2 CONTEÚDOS DE APRENDIZAGEM

Conceituais:

- ✓ Calor;
- ✓ Temperatura;
- ✓ Trabalho;
- ✓ Energia interna;
- ✓ Princípio da conservação de energia;
- ✓ Primeira Lei da Termodinâmica.

Procedimentais:

- ✓ Relacionar trabalho com pressão e a variação de volume;
- ✓ Relacionar energia interna com temperatura;
- ✓ Identificar calor e trabalho como formas de troca de energia;
- ✓ Relacionar calor, trabalho e energia interna;
- ✓ Demonstrar a equação $Q = \Delta U + W$.

Atitudinais:

- ✓ Prestar atenção à aula;
- ✓ Respeitar o professor e os colegas;
- ✓ Respeitar a opinião dos outros;
- ✓ Interessar-se pelos trabalhos em grupos;
- ✓ Aceitar as decisões do grupo;
- ✓ Estimular o interesse pelas atividades propostas.

1.3 PAPEL DO ALUNO

No ensino investigativo, espera-se que o aluno tenha uma atitude ativa durante o desenvolvimento de todas as atividades. Neste sentido, espera-se que o mesmo, construa experimentos, observe os fenômenos, discuta com os pares as soluções para os problemas, levante hipóteses, argumente, faça o registro das informações e comunique os resultados.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO MATERIAL DO ALUNO

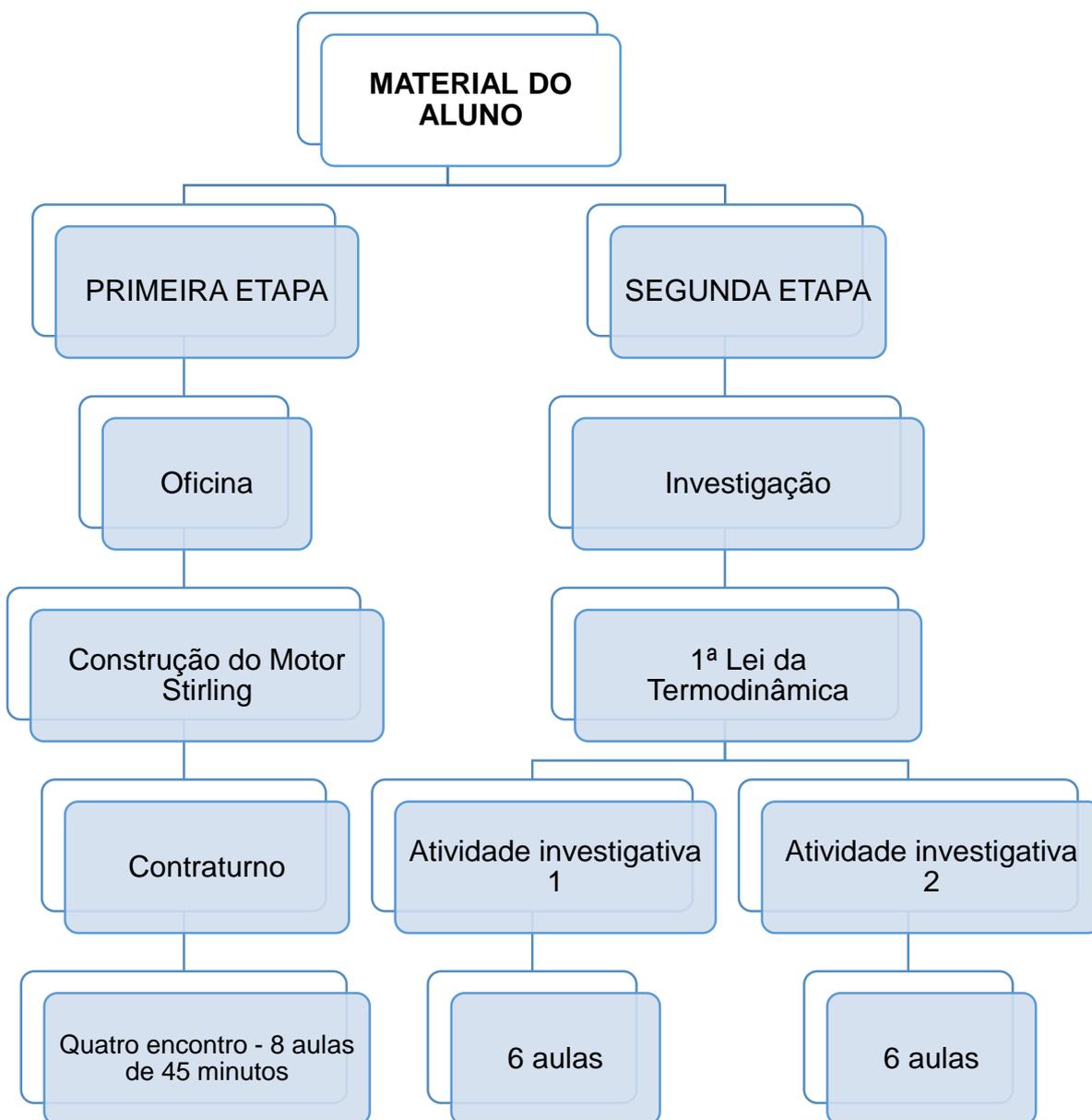


Figura 1 – Organização do material do aluno, por etapas.

2 PRIMEIRA ETAPA

2.1 OBJETIVO

- ✓ Construir o motor *Stirling*.

2.2 PROCEDIMENTOS

- ✓ Adquirir e organizar o material que será utilizado na oficina;
- ✓ Seguir as orientações dadas no caderno do aluno;
- ✓ Verificar medidas e realizar os cortes dos materiais (latas, arames, dentre outros);
- ✓ Verificar vedação e o alinhamento do motor;
- ✓ Montar o motor.

2.3 MATERIAIS E FERRAMENTAS

Para a realização das atividades, foram utilizados os seguintes materiais e ferramentas representado no quadro 1.

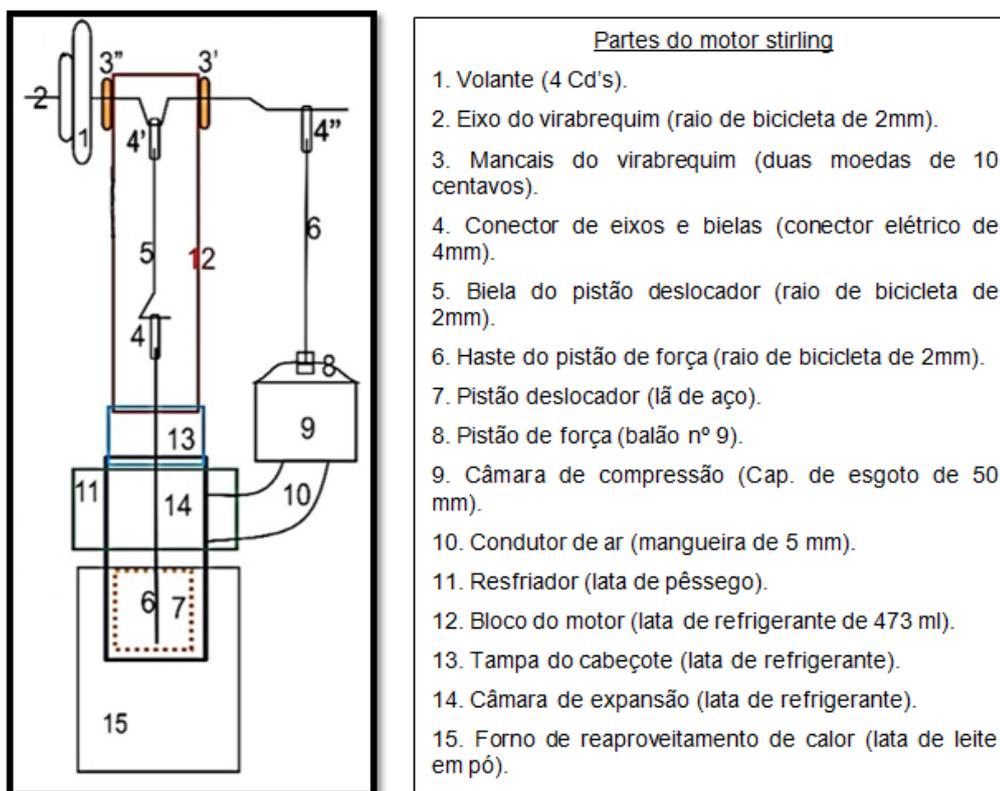
Materiais	Ferramentas
Quatro raios de bicicleta; Uma esponja de aço; Seis conectores de eletricidade; Uma tampa plástica de iogurte de aproximadamente 5 cm de diâmetro; Uma tampa de garrafa pet; Uma lixa. Um tubo de cola de silicone para altas temperaturas; Um cap de esgoto de 50 mm; Quatro latinhas de refrigerante; Uma bexiga de número 10; Uma mangueira de borracha de 40 cm de comprimento e 5 mm de diâmetro; Uma lata de leite em pó; Uma lata de pêssego; Quatro discos de CD; Porcas, parafusos e arruelas	Furadeira; Chave de fenda; Alicate; Martelo; Régua escolar de 30 cm; Estilete de 15 cm; Tesoura.

Quadro 1 – Materiais e ferramentas.

ATENÇÃO!

Durante a construção do motor *Stirling*, é importante o uso de alguns equipamentos de proteção individual (EPI), como por exemplo óculos, reduzindo qualquer tipo de risco para o aluno.

2.4 MOTOR STIRLING



Fonte: <https://motoresStirling.files.wordpress.com/2016/04/slide21.jpg>
 Figura 2 – Especificações das partes componentes do motor *Stirling*.

ATENÇÃO!!

- Cuidado ao manusear ferramentas para furar ou cortar, todos esses procedimentos deverão ser realizados na presença do professor.
- Evitar brincadeiras durante a realização das atividades.
- Cuidado ao manipular a vela acesa para não se queimar com a chama ou com a parafina derretida.
- Aguardar 12 horas para secagem, durante esse período, evite manusear o material.

2.5 ETAPAS DA CONSTRUÇÃO

Para a construção do motor *Stirling*, você deverá seguir as seguintes instruções:

1. Prestar atenção as orientações do professor.
2. Organizar o material e ferramentas sobre a carteira.
3. Seguir os passos de I a XII.

I – Volante

Para fazer o volante, utilizaremos quatro cd's, dois discos de cobre de 25 mm de diâmetro, um conector e um raio de bicicleta de 2 mm de diâmetro com cabeça rosqueada. Na sequência faremos dois furos em cada disco, sendo um de 4 mm e outro de 2 mm. Em seguida, montaremos o volante mantendo o alinhamento entre suas partes.

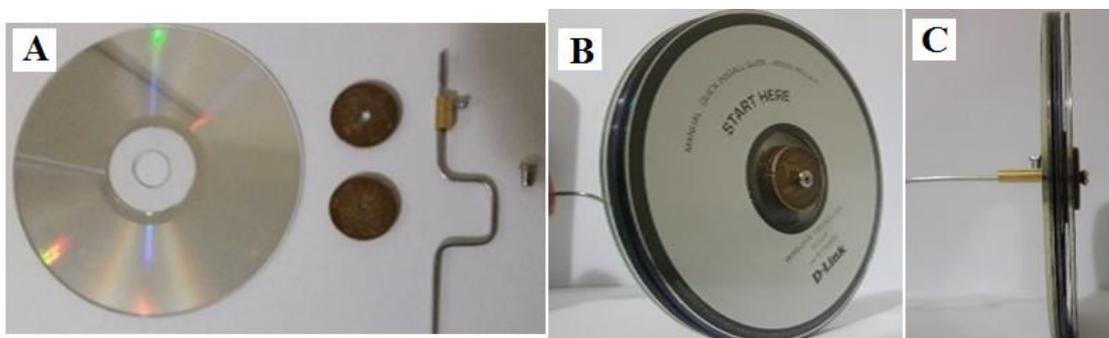


Figura 3 – Materiais para fazer o volante (A); volante construído visto de frente (B); volante construído visto de perfil (C).

II - Eixo do virabrequim, biela do pistão deslocador e haste do pistão de força

Para construir o eixo do virabrequim, utilizaremos um raio de bicicleta de 2 mm de diâmetro com suas respectivas medidas (Figura 4).

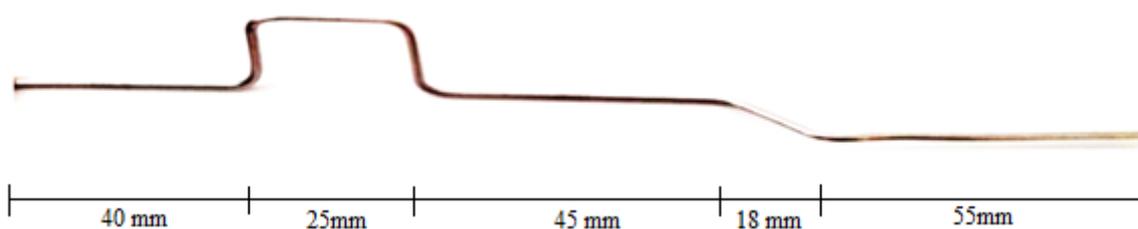


Figura 4 – Eixo do virabrequim e suas medidas.

Para construir o pistão deslocador, utilizaremos um raio de bicicleta de 2 mm com suas respectivas medidas (Figura 5).

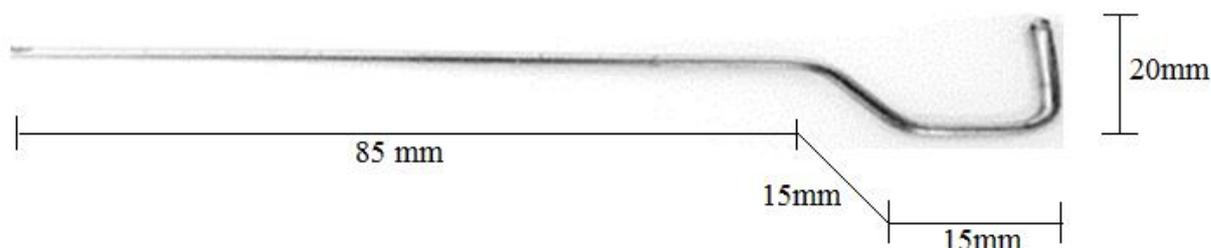


Figura 5 – Medidas da biela do pistão deslocador.

Para construir a haste do pistão, utilizaremos um raio de bicicleta de 2 mm de diâmetro e 180 mm de comprimento (Figura 6).

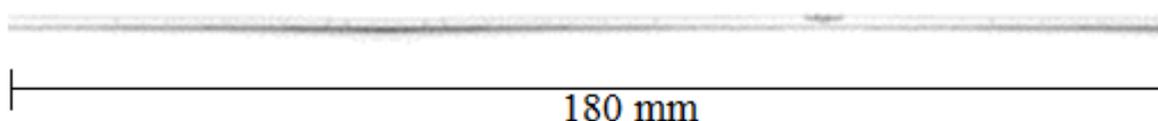


Figura 6 – Medida da haste do pistão de força.

III - Mancais do virabrequim

Para fazer os mancais, utilizaremos dois discos de cobre de 25 mm de diâmetro. Em cada um dos discos faremos um furo no centro utilizando uma broca de 2 mm. Na sequência, é importante verificar o ajuste adequado das mesmas ao eixo do virabrequim.



Figura 7 – Discos de cobre de 25 mm de diâmetro.

IV - Pistão deslocador

O pistão deslocador (Figura 8) deverá ser feito com palha de aço enrolado suavemente a haste, dois discos de alumínio vazados, retirados da parte superior de

latas de refrigerante e um conector para manter a estrutura fixa. A estrutura deverá ter uma espessura de 30 mm. Em seguida, deve-se verificar o ajuste do pistão na câmara de expansão.



Figura 8 – Pistão deslocador construído.

V - Pistão de força

Para fazer o pistão de força, utilizaremos uma tampa de água mineral, uma tampa de iogurte, uma arruela de câmara de ar de bicicleta, um raio de bicicleta de 2 mm de diâmetro com cabeça rosqueada e um balão de aniversário nº 10.

Com uma furadeira, faremos um furo de 2 mm no centro de cada tampa. A cabeça do raio deverá ser serrada e dividida em duas partes, que serão utilizadas para fixar todas as peças no eixo (Figura 9).

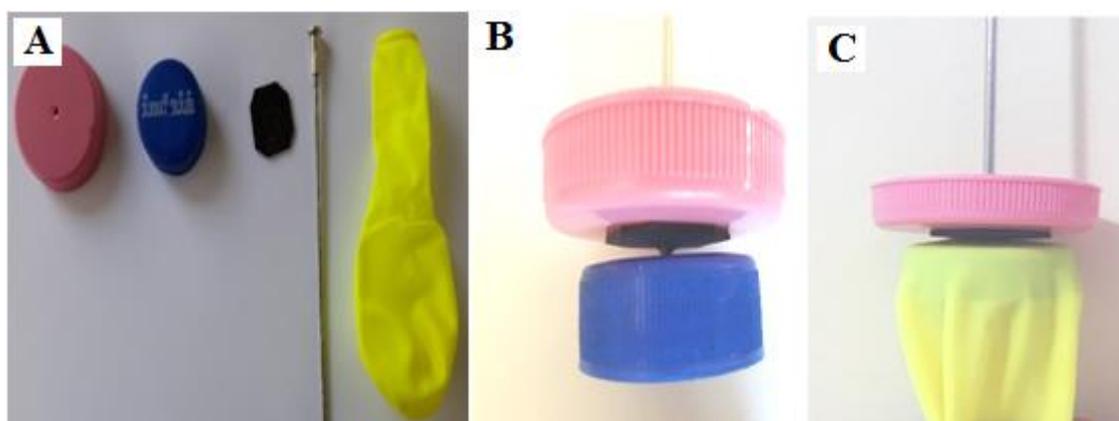


Figura 9 – Materiais que irão compor o pistão de força (A); pistão parcialmente construído (B); pistão construído (C).

VI - Câmara de compressão

A câmara de compressão deverá ser feita com um cap de esgoto de 50 mm de diâmetro e 40 mm de altura. Faremos dois furos de 8 mm de diâmetro na lateral do cap onde colocaremos duas mangueiras para entrada e saída de ar e dois furos na parte inferior, um central com 5 mm de diâmetro, onde será fixado a cantoneira, e outro na extremidade com 4 mm de diâmetro para controle e ajuste do pistão.

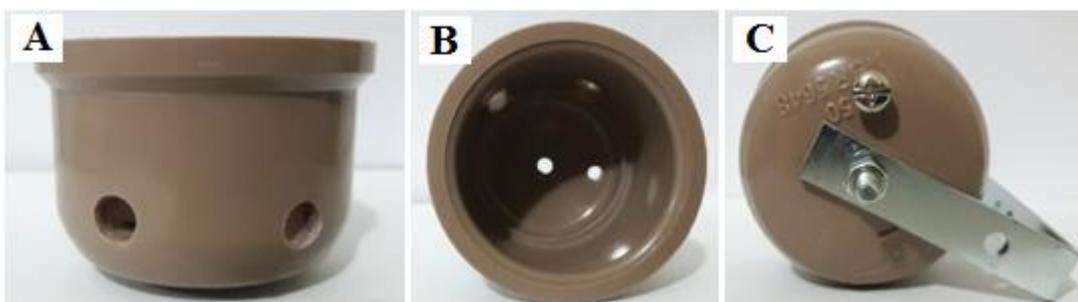


Figura 10 – Cap de esgoto com furos na lateral (A); cap com furos na parte inferior (B); câmara de compressão finalizado (C).

VII - Condutor de ar

O condutor de ar deverá ser feito com uma mangueira de 5 mm de diâmetro. A mesma terá a função de conectar o cabeçote à câmara de compressão (Figura 11).



Figura 11 – Condutor de ar interligando a câmara de compressão e o primeiro cabeçote.

VIII – Resfriador

Para o sistema de resfriamento utilizaremos uma lata de pêssego com 100 mm de diâmetro e 45 mm de altura. Faremos um furo central com 65 mm de diâmetro,

onde será encaixada a câmara de expansão. Em seguida faremos a vedação da mesma com cola de silicone para alta temperatura, para evitar vazamentos.

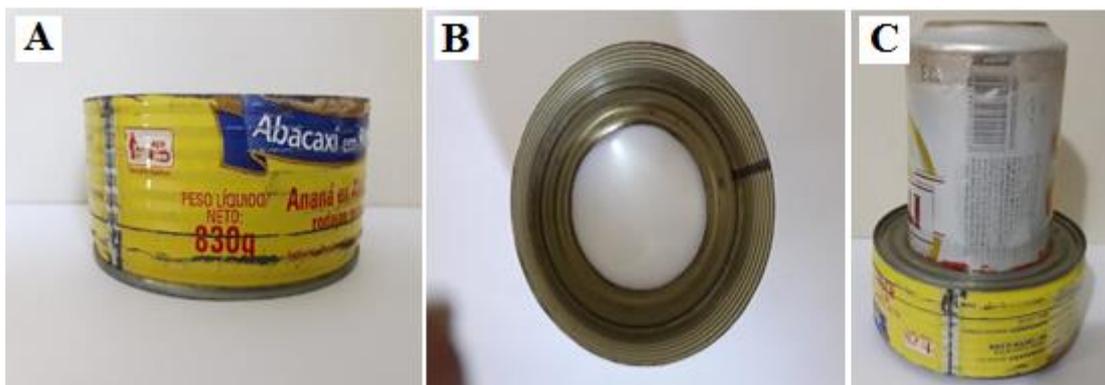


Figura 12 – Vista lateral do resfriador (A); vista de cima (B); resfriador acoplado a câmara de expansão (C).

IX - Bloco do motor

Utilizando um estilete, faremos uma abertura na lateral da lata (Figura A) com aproximadamente 70mm de altura e 40 mm de largura. Para retirar a parte superior e inferior da lata provocaremos um atrito com a utilização de uma lixa até que essas partes se soltem uniformemente (Figura B).

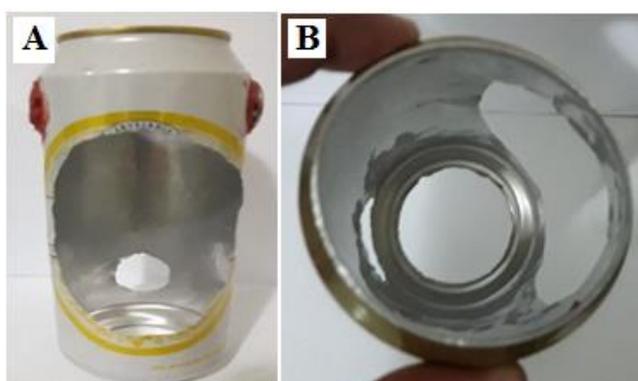


Figura 13 – Vista lateral do bloco do motor (A); vista de cima, do bloco do motor (B).

X - Cabeçotes

Utilizaremos dois cabeçotes, o primeiro com um comprimento de 60 mm e o segundo com 50 mm. Na parte inferior de cada cabeçote faremos um furo central com

uma broca de 1,5 mm. Com o auxílio de um martelo, forçaremos a passagem do raio de 2 mm para que fique bem ajustado, ou seja, sem nenhuma folga, evitando assim, fugas de ar durante o funcionamento do motor (Figura A).

No primeiro cabeçote, faremos também quatro furos de 8 mm sendo dois nas laterais e dois na parte inferior ambos para a passagem da mangueira de condução de ar (Figura B).

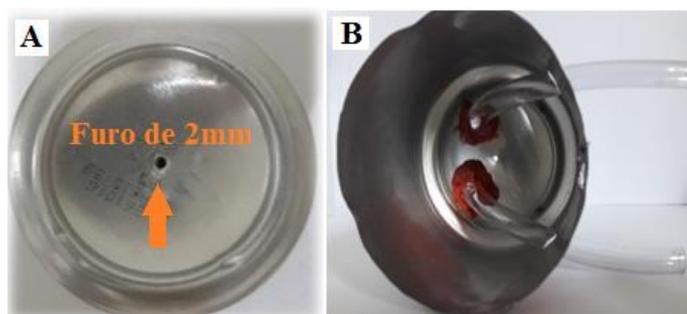


Figura 14 – Vista da parte externa inferior do segundo cabeçote (A); vista do interior do primeiro cabeçote (B).

Na sequência, faremos com que o segundo cabeçote se encaixe no primeiro em cerca de 5 mm, devendo ser mantido o alinhamento entre eles (Figura 15).



Figura 15 – Cabeçotes acoplados.

XI - Câmara de expansão e forno de reaproveitamento de calor

A câmara de expansão deverá ser feita com uma lata de refrigerante de 350 ml e 65 mm de diâmetro. Faremos um corte deixando a mesma com uma altura de 100

mm. O procedimento de cortar a lata deverá ser feito com o cuidado necessário para evitar irregularidades nas bordas e assim evitar o seu rompimento durante o encaixe.

O forno para o reaproveitamento deverá ser feito com uma lata de leite em pó, onde faremos uma abertura na frente com 50 mm de altura e 70 mm de largura.



Figura 16 – Câmara de expansão acoplada ao resfriador (A); forno de reaproveitamento de calor finalizado (B).

XII - Motor *Stirling*

Após terminar todas as etapas de construção das partes do motor *Stirling*, os alunos deverão montar cuidadosamente as mesmas, tendo o cuidado necessário nesse momento, com os encaixes, alinhamento e vedação, para permitir o seu completo funcionamento. Para finalizar, os alunos deverão colocar o motor para funcionar.



Figura 17 – Motor *Stirling* finalizado.

Dicas de vídeos!

Para maiores informações sobre a construção do motor *stirling*, acesse:

[Tutorial] [Como construir Motor Stirling caseiro passo a ... - YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=4qLPvydyJ90)
<https://www.youtube.com/watch?v=4qLPvydyJ90>

Tutorial simples [Como fazer um motor Stirling caseiro passo a passo As do Stirling engine-YouTube](https://www.youtube.com/watch?v=itZDyNGpZVs)
<https://www.youtube.com/watch?v=itZDyNGpZVs>

Parabéns! Você construiu um motor *Stirling*! Vamos fazer uma avaliação de nossa atividade?

2.6 AVALIAÇÃO DA OFICINA

Após a construção do motor *Stirling*, você deverá responder as seguintes questões:

I – Auto-avaliação

Em uma escala de 1 a 10, responda as seguintes perguntas:

- Questão 1: Particpei ativamente dos trabalhos em grupo?

Não									Sim
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

- Questão 2: Senti-me responsável?

Não									Sim
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

- Questão 3: Respeitei a opinião dos outros?

Não									Sim
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

- Questão 4: A oficina me motivou e despertou minha atenção?

Não									Sim
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

- Questão 5: Fiz perguntas ao professor quando não entendi a explicação?

Não									Sim
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Sugestões

II – Avaliação da oficina

- Questão 6: O que você destacaria como ponto (s) importante (s) na realização dessa atividade? Pode marcar mais de um item.

(A) o trabalho em grupo.

(B) a organização quanto a divisão de tarefas.

(C) o desafio de construir algo novo.

(D) acesso fácil aos materiais.

(E) vídeos na internet.

(F) outro (s). Qual (ais)? _____

- Questão 7: Durante a construção, você encontrou alguma dificuldade? Se sim, indique suas dificuldades.

(A) não.

(B) fazer a vedação do motor.

(C) fazer o corte dos materiais

(D) fazer o ajuste e o encaixe das partes do motor.

(E) fazer o pistão.

(F) tirar as medidas.

(H) outra (s). Qual(ais)? _____

Em uma escala de 1 a 10, como você avalia as seguintes questões:

- Questão 8: Houve participação e integração dos componentes do seu grupo durante a realização da oficina?

Ruim									Perfeito
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

- Questão 9: Você gosta de realizar atividades experimentais?

Ruim									Perfeito
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

- Questão 10: Indique seu grau de satisfação com a oficina

Ruim									Perfeito
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3 SEGUNDA ETAPA

3.1 OBJETIVO

- ✓ Compreender a Primeira Lei da Termodinâmica.

3.2 PROCEDIMENTOS

- ✓ Manipular materiais;
- ✓ Responder as perguntas do questionário e questionamentos do professor;
- ✓ Discutir com os pares;
- ✓ Investigar;
- ✓ Analisar;
- ✓ Levantar hipóteses;

- ✓ Descrever;
- ✓ Argumentar;
- ✓ Comunicar resultados.

3.3 ATIVIDADE INVESTIGATIVA 1

3.3.1 Objetivo

- ✓ Compreender os conceitos de calor, trabalho e energia interna.

3.3.2 Materiais



Figura 18 – Kit experimental.

ATENÇÃO!

- VIDRO – manipular com cuidado! Esse procedimento deve ser feito com a supervisão do professor.
- Tenha cuidado ao manipular a vela acesa para não se queimar com a chama ou com a parafina derretida.

3.3.3 Questionário – 1

Problema 1	Problema 2
Utilizando os materiais contidos no kit experimental, que procedimentos utilizaremos para movimentar o êmbolo tocando apenas na seringa? Dica: mantenha a seringa imóvel e na posição horizontal.	Resolvido o problema 1, que procedimentos utilizaremos para fazer o êmbolo retornar à posição inicial, sem tocá-lo? Dica: mantenha a seringa imóvel e na posição horizontal.
	
As questões de 1 a 08 se refere ao problema 1 e de 09 a 11 ao problema 2	
<ol style="list-style-type: none"> 1. DESCREVA os procedimentos usados para resolver o problema 1. 2. Quais os conceitos físicos envolvidos nesse experimento? 3. O que foi possível observar nesse experimento? Justifique sua resposta. 4. Como podemos calcular o trabalho Termodinâmico? Justifique sua resposta. 5. O trabalho foi realizado pelo gás ou sobre ele? Justifique sua resposta. 6. Ao fornecer calor ao sistema, o que acontece com as partículas do gás? 7. O que é energia interna de um gás? Justifique sua resposta. 8. A energia interna aumenta, diminui ou permanece constante? Justifique sua resposta. 09. DESCREVA os procedimentos usados para resolver o problema – 2. 10. O trabalho foi realizado pelo gás ou sobre ele? Justifique sua resposta. 11. O que ocorre com a energia interna do gás? Justifique sua resposta. 	

Figura 19 – Questionário 1.

3.4 ATIVIDADE INVESTIGATIVA 2

3.4.1 Objetivo

✓ Estabelecer a relação entre as grandezas calor (Q), variação da energia interna (ΔU) e trabalho (W) como um princípio da conservação da energia aplicado as máquinas térmicas.

3.4.2 Material

✓ Motor *Stirling*.

- ✓ Vela.
- ✓ Fósforo.
- ✓ Água.



Figura 20 – Motor *Stirling* construído pelos alunos.

3.4.3 Questionário – 2

Questão 1: Descreva os procedimentos usados para fazer o motor *Stirling* funcionar.

Questão 2: Represente por meio de um desenho ou esquema o motor *Stirling* e IDENTIFIQUE nele a fonte quente, a fonte fria e o fluido de trabalho.

Questão 3: EXPLIQUE o funcionamento do motor *Stirling* usando os conceitos de calor (Q), variação de energia interna (ΔU) e trabalho (W).

Figura 21 – Questionário 2.