

quarta dia 17.00h  
26/03/08

**André Luis Neves Pereira**



**TEMA:**

**MOTORES: UMA ABORDAGEM EXPERIMENTAL PARA  
CURSO DE EDUCAÇÃO JOVENS E ADULTOS (EJA).**

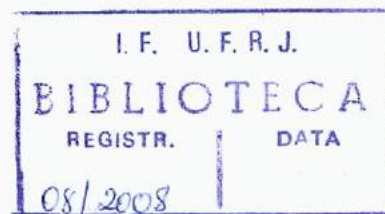
**Tese Orientada Pela Professora Lígia F. Moreira**

**Banca:**

**Lígia F. Moreira  
Francisco Arthur Braun Chaves  
André Penna Firme  
Wilma Machado Soares Santos**

**Março 2008**

**08/2008**



**Vitória sem luta é triunfo sem glória.**

(Provérbio Chinês)

**Não é mérito o fato de não termos caído e, sim, o de termos levantado  
todas as vezes que caímos.**

(Provérbio Árabe)

**"Há três coisas que jamais voltam: a flecha lançada, a palavra dita e a  
oportunidade perdida"**

(Provérbio Chinês)

**Dedico esse trabalho aos meus Pais, aos meus Tios Davilson e Puríssima, ao meu Irmão, aos meus Primos João e Alexandre e a minha Esposa Fernanda, pelo apoio nas horas difíceis.**

**Agradeço em primeiro lugar a Deus; Aos meus Pais pelo carinho e dedicação; Ao meu Irmão pelas cervejas; Aos meus Tios pelo incentivo; Aos meus Primos pelo apoio; Aos meus Amigos pela descontração; A minha querida Esposa pelo seu Amor; Ao Laboratório de Hidrogênio da COPPE/UFRJ; A Professora Lígia pela ajuda e paciência, pois sem a sua ajuda não sairia essa Tese e ao Instituto de Física da UFRJ.**

## Resumo

Os alunos do EJA (Educação de Jovens e adultos, antigo supletivo), em geral, são atrasados nos seus estudos em relação a alunos do Ensino Médio tradicional, devido à necessidade de trabalharem cedo e, dessa forma, retornam as instituições de ensino para dar prosseguimento em seus estudos com idades mais avançadas. Desse modo foi criado um curso para que essas pessoas possam estudar em um período de tempo mais curto. Com um tempo mais reduzido, o EJA facilita a vida de quem precisa concluir os estudos da educação básica, já que muitos param por aí, visto que não têm interesse em galgar algo mais adiante como o ingresso no ensino superior. Sendo assim, o objetivo desse trabalho é propor para os alunos do EJA uma nova forma de aprendizagem dos conceitos da física, levando em consideração a sua formação profissional.

Logo para a turma que foi tomada como base neste trabalho, na sua maioria mecânicos, foram realizados três experimentos, cujo tema central escolhido foi motores. Os experimentos foram: um motor a vapor, um motor a combustão interna e um motor elétrico. Esses três experimentos abordaram tópicos diferentes da física tais como termodinâmica, eletricidade, magnetismo, mecânica.

## Sumário

1 – Introdução .....	1
2 – Metodologia .....	3
2-1 – Metodologia em Sala de aula .....	3
2-2 – Material Necessário para Montagem dos Experimentos.....	5
2-2-1 – Motor a Combustão Externa .....	6
2-2-2 – Motor a Combustão Interna .....	7
2-2-3 – Motor Elétrico.....	11
3 – Motor de Combustão Externa (Pop-Pop).....	13
3-1- Observação.....	13
3-2- Conceitos Teóricos.....	13
3-3- Experimento 1 – Barquinho Pop-Pop.....	25
3-4- Explicação .....	26
3-5- Funcionamento de Motores a Vapor.....	27
3-6- Cotidiano.....	27
4 – Motor de Combustão Interna.....	28
4-1- Observação.....	28
4-2- Conceitos Teóricos.....	29
4-3- Experimento 2 – Motor de Combustão Interna .....	36
4-4- Explicação .....	38
4-5- Funcionamento de Motor a Combustão.....	38
4-6- Cotidiano .....	38
5 – Motores Elétricos.....	39
5-1- Observação.....	40
5-2- Conceitos Teóricos.....	40
5-3- Experimento 3 -- Motor Elétrico.....	48
5-4- Explicação .....	49
5-5- Funcionamento do Motor Elétrico.....	49
5-6- Cotidiano .....	50
6 – Conclusão .....	51
Referencias Bibliográficas .....	53

## Índice de Figuras

Figura 1 – Barco pop-pop .....	6
Figura 2 – Motor a Combustão Externa .....	7
Figura 2a – Solda e Tubo de Cobre.....	8
Figura 2b – Eletrodo.....	9
Figura 2c – Pistão.....	9
Figura 3 – Motor Elétrico .....	11
Figura 4 – Barquinho Pop-Pop.....	13
Figura 5 – Máquina de Heron .....	14
Figura 6 – Máquina a Vapor de Newcomen .....	15
Figura 7 – Máquina de Watt .....	16
Figura 8 – Esquema do Ciclo de Carnot.....	22
Figura 9 – Motor a Combustão Externa (barco pop-pop).....	25
Figura 10 – Vista em Corte de um Motor de Quatro Cilindros em Linha.....	28
Figura 11 – Motor a Gasolina – Os Quatros Tempos de um Pistão.....	31
Figura 12 – Motor a Diesel .....	32
Figura 13 – Ciclo Otto .....	36
Figura 14 – Motor a Combustão .....	37
Figura 15 – Motor Elétrico .....	40
Figura 16 – Campo Magnético Terrestre .....	44
Figura 17 – Campo Magnético no Imã .....	45
Figura 18 – Experimento de Oersted .....	46
Figura 19 – Motor Elétrico .....	48
Figura 20 – Motor Elétrico .....	49

## Índice de Tabela

Tabela 1 – Poder Calórico dos Combustíveis .....	33
--	----

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Ao longo de sua história o Brasil tem enfrentado o problema da exclusão social que gerou grande impacto nos sistemas educacionais. Hoje, milhões de brasileiros ainda não se beneficiam do ingresso e da permanência na escola, ou seja, não tem acesso a um sistema de educação que os acolha. Educação de qualidade é um direito de todos os cidadãos e dever do estado. Garantir o exercício desse direito é um desafio que impõe decisões inovadoras.

Partindo dessa premissa e do ponto de vista pedagógico, tomando como base e público alvo o grande número de pessoas que não conseguem terminar seus estudos, seja por questões financeiras, quando são obrigados a trabalharem muito jovens ou por algum problema de aprendizagem, existe um curso oferecido pela secretaria de educação, destinado a estas pessoas para que possam terminar seus estudos em um tempo mais reduzido.

Este curso oferecido pelas escolas é o “**Educação para Jovens e Adultos (EJA)**”, ele é mais conhecido como supletivo. Neste tipo de curso o aprendizado é ministrado de maneira que os alunos realizem duas séries por ano e assim dêem prosseguimento em seus estudos até o seu término.

A maior parte dos alunos que freqüentam este tipo de curso possui idades mais elevadas do que aqueles que freqüentam um curso regular que dura um ano inteiro. E, esses alunos estão mais interessados em terminar o Ensino Médio para que consigam uma melhora em seu trabalho.

Sendo o EJA um curso onde a maioria dos alunos não está interessado em fazer um curso superior em alguma universidade e pelo tempo mais reduzido, a nossa proposta de trabalho é desenvolver uma série de experimentos que tratam de vários temas da física.

O objetivo de usar experimentos para esse tipo de aluno é que, ao observarem os fenômenos físicos que estão ocorrendo, eles possam associar com o que ocorre no seu dia-a-dia. Dessa maneira, acreditamos ser mais fácil o aprendizado da física.

Devido ao fato de usar uma turma de EJA como base de trabalho, vamos utilizar mais a parte conceitual da física sem nos aprofundarmos muito nos cálculos matemáticos. Isso se deve ao fato do público alvo deste trabalho



não possuir muita base e também por estarem mais interessados em terminar os seus estudos, como já foi dito anteriormente.

Os experimentos escolhidos, podem ser construídos com materiais de baixo custo e também de fácil aquisição. Isso facilita o acesso a estes materiais pelo aluno, fazendo com que todos na turma participem da aula.

A seguir veremos os seguintes assuntos relacionados nos seus respectivos capítulos:

- No capítulo 2 falaremos da metodologia utilizada na realização desse trabalho.
- No capítulo 3 falaremos do motor de combustão externa.
- No capítulo 4 iremos focar o motor de combustão interna.
- No capítulo 5 vamos abordar os motores elétricos.
- No capítulo 6 finalizaremos o trabalho com a conclusão.

## **CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA.**

### **2 - 1 - METODOLOGIA EM SALA DE AULA**

O objetivo deste trabalho é ensinar aos alunos conceitos físicos de uma forma mais eficiente, tendo como base uma turma de educação jovens e adultos (EJA). De acordo com a LDB (Lei de Diretrizes e Bases para a Educação), na seção V da Educação Jovens e Adultos, todas as pessoas que não tiveram acesso ou continuidade de estudos no ensino fundamental e médio na idade própria terá a possibilidade de concluir seus estudos. [LDB, 2006]

Sendo um curso com uma carga horária menor, fazendo com que o aluno termine o Ensino Médio num prazo menor de tempo, não é possível ter um aprofundamento muito grande nos tópicos de cada assunto da física. Logo é de fundamental importância o uso de experimentos para que o conteúdo da matéria seja ensinado da melhor maneira possível. E, sendo assim, a nossa proposta pedagógica é trabalhar com experimentos com os alunos do EJA, onde eles vão montar os experimentos e explicar seu funcionamento e aprender os conceitos físicos envolvidos.

Neste trabalho pretendemos utilizar e desenvolver, para trabalhar com a turma, três experimentos que serão montados:

- Um barco com motor a combustão externa;
- Um motor a combustão interna;
- Um motor elétrico.

Note que selecionamos motores em geral, no entanto, vamos abranger termodinâmica, eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo.

Essa proposta foi desenvolvida para facilitar a aprendizagem dos conceitos físicos em sala de aula. Foi verificado que os alunos do EJA, tinham pouco interesse nas disciplinas que eram fornecidas para eles, principalmente física. Sendo assim, desenvolvemos um meio mais prático e que chamaria a atenção dos alunos para o que estava sendo ensinado.

Outro fator que nos levou a utilizar essa metodologia era que os alunos do EJA, em sua grande maioria, não está focado em terminar os estudos e ingressar no ensino superior, o seu interesse é terminar os estudos para conseguir almejar um posto melhor em seus trabalhos. Também foi levado em

consideração que a maioria dos alunos chegam cansados após uma jornada de trabalho e muitos acabam dormindo no decorrer das aulas.

A proposta era trabalhar com experimentos voltados para o seu dia-a-dia, dessa forma logo nos primeiros dias de aula será realizado um pequeno debate no qual saberemos a predominância de profissões em sala de aula. E a partir desse momento, montar os experimentos voltados para a maioria das profissões. Nesse trabalho, o foco está voltado para alunos que são mecânicos e tem um conhecimento prático do funcionamento de motores.

Porém esses alunos pouco conhecem a teoria que está sendo aplicada para que ocorra o funcionamento desses motores. E de uma forma bem tranqüila, os conceitos físicos vão sendo ensinados, sempre relacionado com os experimentos apresentados.

A abordagem dos alunos em sala de aula perante o assunto ocorreria da seguinte forma:

Logo na primeira semana de aula seria proposta uma forma diferente de ensinar física para os alunos, ou seja, iríamos utilizar experimentos de física para que os conceitos pudessem ser assimilados de uma forma tranqüila. Como o foco da aula estavam voltados para uma turma de mecânicos, dessa forma, seriam utilizados três experimentos sobre motores que abordassem vários temas diferentes da física.

Antes de falar sobre qualquer assunto pertinente a matéria a ser lecionada, seria mostrada aos alunos os experimentos e, dessa forma, vamos verificar a sua reação ao fenômeno que está ocorrendo. Fazer perguntas para que eles possam falar sobre o que eles estão vendo e observar os erros conceituais para que possam ser corrigidos.

Como o conhecimento dos conceitos físicos ainda não existe, as respostas dadas pelos alunos podem ser bem variadas e também conter bastantes erros conceituais. Esse tipo de avaliação é válido para que possamos desenvolver um trabalho que possa atender a necessidade que a turma tem para o aprendizado de física.

Na etapa seguinte, nós iremos preparar as aulas de forma a corrigir os erros conceituais que foram respondidos pelos alunos. Essas aulas foram montadas fazendo referencia aos experimentos de motores apresentados no início das aulas e abordando vários conceitos diferentes.

Quando a abordagem for feita sobre o barco pop-pop, falaremos sobre termologia, temperatura, calor, dilatação térmica, Termodinâmica e suas respectivas leis, ciclo de Carnot, pressão, impulso, conservação da quantidade de movimento entre outros assuntos que poderiam ser abordados no decorrer das aulas. Quando a abordagem for feita sobre o motor à explosão, falaremos sobre potência, rendimento, energia, ciclo Otto, entre outras coisas. E para finalizar falaremos sobre motores elétricos com a abordagem voltada para os assuntos referente à corrente elétrica, magnetismo, ímãs, a experiência de Oersted, bobinas, indução magnética entre outras coisas.

Na próxima etapa, voltaremos aos experimentos apresentados no início das aulas e iremos refazê-los dando ênfase no que foi passado como teoria para que não fique nenhuma dúvida pertinente ao assunto.

Após refazer todos os experimentos, faremos novas perguntas para os alunos e verificar a evolução obtida em relação ao assunto aplicado. Havendo algum resquício de dúvidas, refazer tudo novamente de forma a minimizar cada vez mais os erros conceituais. Ao atingir o objetivo traçado no início do curso passaremos para a etapa seguinte.

Nessa fase, os alunos já estarão bem familiarizados com os conceitos físicos e, dessa maneira, vamos abordar o funcionamento, em especial, de cada motor realizado nos experimentos relacionando com a teoria que foi ensinada nas fases anteriores.

Para finalizar, vamos interligar os experimentos sobre motores com o cotidiano do aluno, ou seja, tudo aquilo que passa despercebido por ele e que é utilizado. Dessa forma nós acreditamos que ao final do curso do EJA, os alunos estarão mais preparados em relação aos conceitos físicos.

## **2 - 2 - MATERIAL NECESSÁRIO PARA MONTAGEM DOS EXPERIMENTOS**

O nosso objetivo é utilizar materiais de baixo custo e que possam ser encontrados com facilidade no mercado. Cada experimento utilizado neste trabalho, possui peças que poderão ser adquiridos por qualquer pessoa que esteja interessada em montar.

A seguir ensinaremos como montar os experimentos.

## 2 - 2 - 1 - Motor a Combustão Externa



[Figura 1 – Foto do Barco Pop-Pop]

### - Material

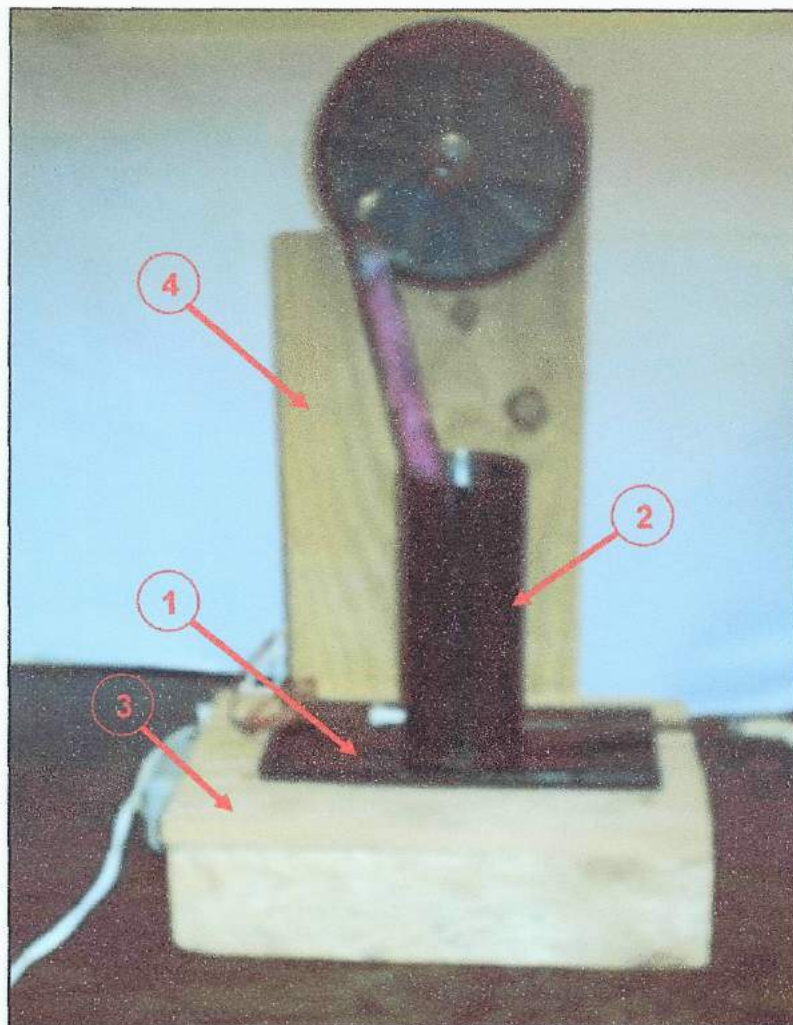
- Barco de plástico;
- Tubo de cobre;
- Uma vela
- Material para vedação (Durepox).

### - Montagem

- 1º Furar a parte de traz do barco de plástico para que seja acoplado o tubo de cobre;
- 2º Torcer o tubo de cobre para que fique no formato de uma bobina, usar como apoio uma pilha grande;
- 3º Acoplar a bobina de cobre no furo feito na parte de traz do barco de plástico;
- 4º Vedar o tubo de maneira que não entre água dentro do barco;

- 5º Posicionar a vela para que fique embaixo na bobina;
- 6º Encher a bobina com água;
- 7º Acender a vela;
- 8º Colocar num recipiente com bastante água, de preferência uma piscina pequena ou um tabuleiro grande.

## 2 – 2 – 2 – Motor a Combustão Interna



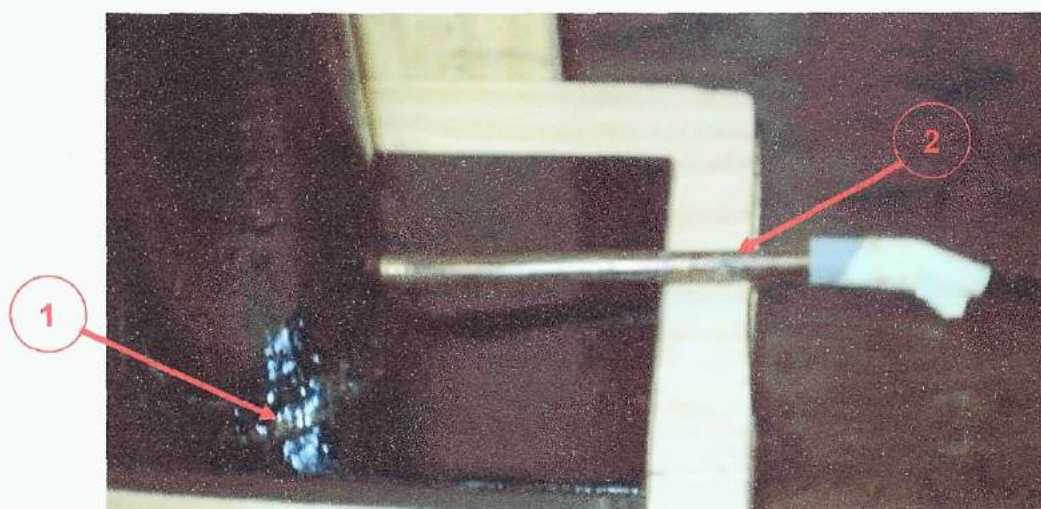
[Figura 2 – Foto do Motor a Combustão Externa]

### - Material

- Chapa de aço de 1cm x 10cm x 23cm, item 1 da figura 2;
- Tubo de aço de  $\varnothing_{Ext.}$ : 7cm x  $\varnothing_{Int.}$ : 6,5 x 17cm, item 2 da figura 2 ;
- Barra de aço de 0,5cm x 3cm x 40cm;
- Pino de aço;

- Roda de carrinho de feira;
- Pistão de automóvel usado;
- Barra com rosca: 5/16" x 10cm;
- Arruelas e porcas 5/16";
- Parafuso 5/16" x 10cm;
- Madeira de 10cm x 20cm x 30cm, item 3 da figura 2;
- Madeira de 1cm x 20cm x 40cm, item 4 da figura 2;
- Pregos;
- Massa Durepox;
- Tubo de cobre;
- Eletrodo de porcelana (terminal de fogão);
- Interropitor para campainha;
- Dispositivo para acendimento automático (terminal de fogão);
- Tubo de desodorante;
- Gasolina;
- Fio de eletricidade;
- Tomada.

#### - Montagem



[Figura 2a – Foto da Solda e Tubo de Cobre]



[Figura 2b – Foto do Eletrodo de fogão]



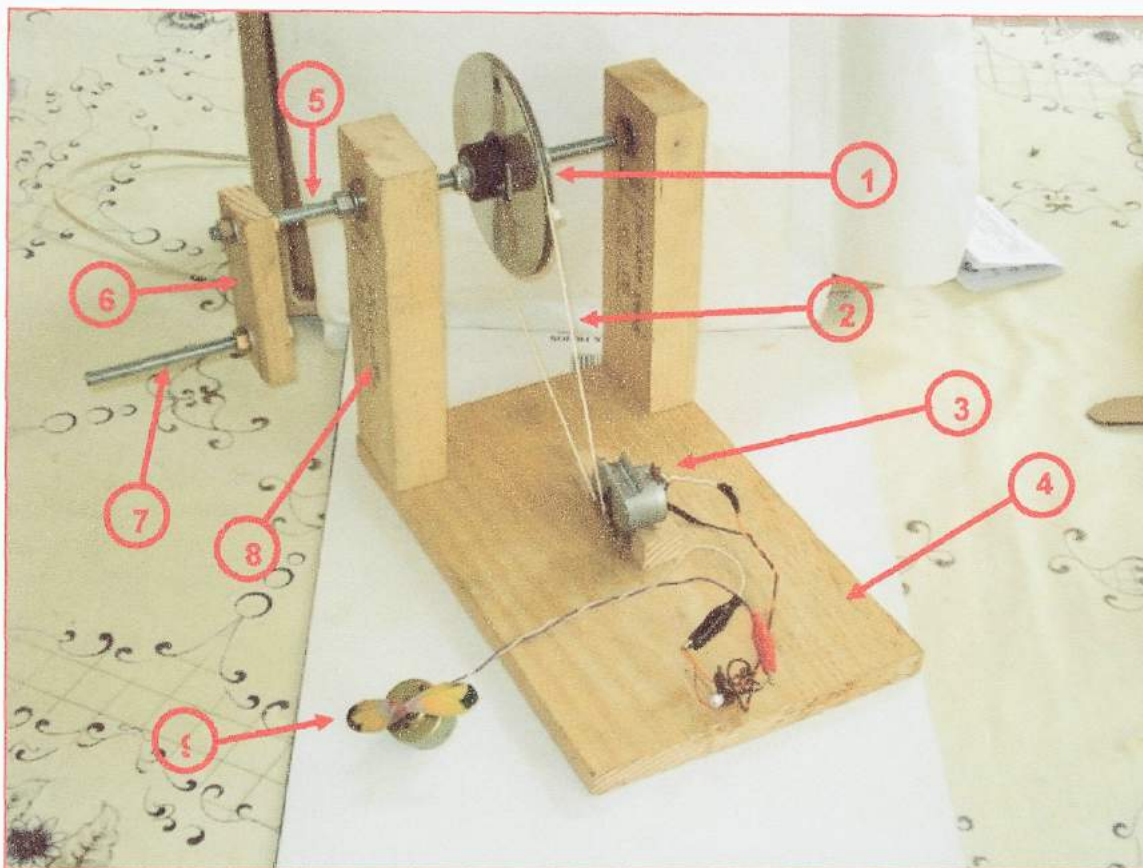
[Figura 2c – Foto do Pistão]



- 1º Com o auxílio de um torneiro mecânico, fazer a usinagem do tubo de aço afim de adequar o diâmetro interno do tubo com o diâmetro externo do pistão;
- 2º Com o auxílio de um soldador, soldar o tubo de aço na chapa de aço, conforme item 1 da figura 2a;
- 3º Com o auxílio de um torneiro mecânico, furar a barra de aço no mesmo diâmetro do pino de aço;
- 4º Fazer a montagem da barra de aço com o pino de aço e o pistão de automóvel, conforme figura 2c;
- 5º Montar o conjunto da figura 2c com o conjunto tubo de aço e chapa de aço já soldado;
- 6º Com o auxílio de um torneiro mecânico, fazer dois furos no tubo de aço, próximo à base do tubo, na direção horizontal e com um ângulo de 180º de um furo para o outro;
- 7º Fixar em um furo feito no tubo de aço, um tubo de cobre e colar com a massa durepox, conforme item 2 da figura 2a;
- 8º Fixar no outro furo do tubo de aço, um eletrodo de porcelana, figura 2b, (terminal de fogão) e colar com durepox;
- 9º Conectar o eletrodo no dispositivo de acendimento automático (terminal de fogão);
- 10º Conectar o dispositivo de acendimento automático no interruptor da campainha e conseqüentemente na rede elétrica local por meio de fio;
- 11º Conectar a tomada no fio;
- 12º Conectar o tubo de desodorante no tubo de cobre;
- 13º Com as madeiras, preparar uma base de sustentação para o conjunto tubo de aço, chapa de aço, pistão, conforme itens 3 e 4 da figura 2;
- 14º colocar a gasolina no tubo de desodorante (apenas dar uma borrifada, tirar o tubo e atarraxar o parafuso).

**Observação:** Por motivo de segurança este último item não foi utilizado.

## 2 -2 -3 – Motor Elétrico



[Figura 3 – Foto do Motor Elétrico]

### - Material

- Motor elétrico (pode ser retirado de algum carro de brinquedo);
- Ventilador de brinquedo;
- 4 CDs;
- Elástico roliço grosso;
- 1 Led;
- Cola;
- Madeira de 1cm x 20cm x 30cm, conforme item 4 da figura 3;
- Madeira de 1cm x 4cm x 10cm, conforme item 6 da figura 3;
- Madeiras de 2cm x 6cm x 20cm, conforme item 8 da figura 3;
- Pregos médios;
- Fios;
- Barra com rosca 5/16" x 24cm, conforme item 5 da figura 3;
- Barra com rosca 5/16" x 10cm, conforme item 7 da figura 3
- Porcas e arruelas 5/16";

- 4 Rolamentos;
- Garras tipo jacaré;

### **Montagem**

- 1º Diminuir o diâmetro de dois CDs em mais ou menos dois milímetros;
- 2º Colar os dois CDs com diâmetro menor e depois colar por fora os dois CDs que não foram cortados de forma que fique parecendo um sanduíche, conforme item 1 da figura 3;
- 3º Pregar a madeira do item 4 com as duas peças do item 8, como aparece na figura 3;
- 4º Furar a madeira das laterais com o auxílio de uma furadeira;
- 5º Fixar os rolamentos na madeira;
- 6º Fixar os CDs na parte mais alta da madeira através de uma barra com roscas conforme figura 3;
- 7º Posicionar o motor elétrico (item 3 da figura 3) para que, a polia do motor, fique na direção da polia feita pelos CDs;
- 8º Acoplar os CDs ao motor elétrico por meio do elástico, conforme item 2 da figura 3;
- 9º Ligar o motor elétrico ao led por meio de fios;
- 10º Acoplar o ventilador de brinquedo ao led por meio de garras tipo jacaré, conforme item 9 da figura 3;
- 11º Utilizar os itens 6 e 7 para montar uma manivela, conforme a figura 3;
- 12º Girar e observar o acontecimento.

## **CAPÍTULO 3 - MOTOR DE COMBUSTÃO EXTERNA (POP-POP)**

Esse pequeno barco de brinquedo tem uma propulsão incrível. É uma máquina térmica, e como tal, tem seu rendimento preso pela 'camisa de força' do ciclo de Carnot. [NETTO, 2007]



[Figura 4 – Barquinho pop-pop – (NETTO, 2008)]

### **3 - 1 - OBSERVAÇÃO**

Os alunos observam que quando a vela aquece a água que está dentro da bobina, ela começa a passar para o estado gasoso (entrar em ebulição), o vapor que está dentro da bobina produzirá uma pressão para sair desta e veremos o barquinho se mover no sentido oposto.

Após a apresentação do experimento, damos início a uma discussão sobre seu funcionamento. Esta discussão depende dos alunos. Quando temos alunos torneiros, mecânicos este debate é bem proveitosa, pois eles dão sugestões e sabem o que acontece embora possamos verificar que as explicações carecem de fundamentação teórica.

### **3 – 2 – CONCEITOS TEÓRICOS**

A máquina a vapor foi uma das invenções mais importantes para a humanidade. Ela influenciou muito e foi umas das grandes responsáveis na revolução industrial no final do século XVIII.

A possibilidade da criação de uma máquina a vapor existe há séculos, o primeiro registro ocorreu por volta do primeiro século depois de Cristo sendo elaborado pelo filósofo Heron de Alexandria (10 d.C. - 70 d.C.), conforme a figura. [LUZ, 2005]

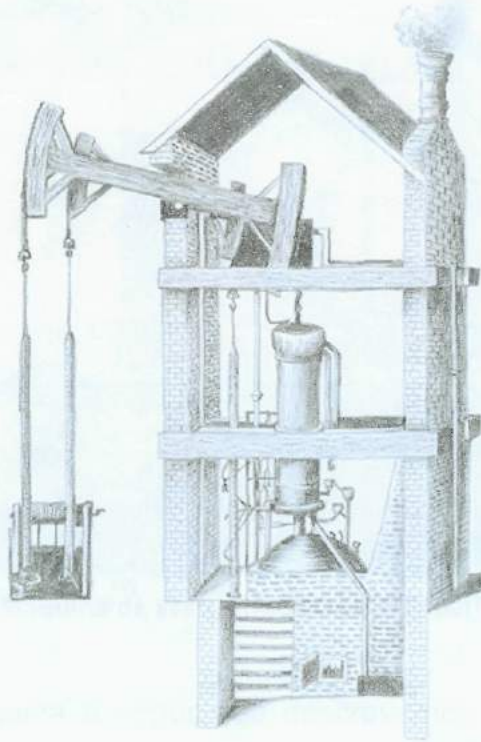


[Figura 5 – Máquina de Heron – (MOTORES,2006)]

Não há registros de que a invenção de Heron tenha sido utilizada para gerar força eletromotriz para algum tipo de máquina, sendo assim criado por mera curiosidade.

Porém a primeira máquina a vapor a funcionar de fato foi construída apenas em 1698, por Thomas Savery. Esta máquina que usava a condensação do vapor para erguer água até um recipiente oco e dali empurrá-la até um nível mais alto através da aplicação do vapor sob pressão, era muito utilizada para retirar águas das minas. Mas, um dos maiores empecilhos na sua difusão dizia respeito à segurança quando empregadas em tarefas pesadas, pois o alcance de elevação da água dependia diretamente da pressão utilizada na caldeira. Medos de explosões e acidentes eram justificados pela baixa resistência das soldas empregadas na época. Seu maior emprego parece ter sido em trabalhos leves como bombeamento em casas de campo.

Em 1712 deu-se um novo passo com a máquina de Thomas Newcomen, que era mais segura que a de Savery, pois funcionava com a condensação do vapor. Nela a pressão máxima do vapor quase não ultrapassava a pressão atmosférica.



**[Figura 6 – Máquina a Vapor de Newcomen – (MOTORES, 2006)]**

A máquina de Newcomen foi a primeira a utilizar cilindro êmbolo. Finalmente em 1763 James Watt, ao concertar um modelo de Newcomen, criou um novo tipo de máquina a vapor, que corresponde à máquina a vapor moderna. Em 1782 Watt patenteou um novo modelo ainda mais eficiente que permitiu o aproveitamento do vapor para impulsionar toda espécie de mecanismo. Esta invenção deu origem a Revolução Industrial, ocorrida na Europa no século XIX. [MOTORES, 2006]

menor o aquecimento, ou melhor, quanto mais o corpo deixar de ser aquecido, menor a vibração de suas moléculas. Assim, podemos definir temperatura como uma grandeza física que mede o nível de vibração das moléculas de um corpo, isto é, está relacionada apenas com a energia cinética média das moléculas e não com os outros tipos de energias internas. Fazendo uma analogia com o que foi dito anteriormente, quanto maior o nível de vibração das moléculas de um corpo, maior a sua temperatura, por outro lado, quanto menor o nível de vibração das moléculas de um corpo, menor a temperatura desse corpo. [GASPAR, 2004]

Podemos usar como exemplos do dia-a-dia, um ferro de passar roupas, cuja temperatura pode ser regulada para passar vários tipos de tecido, outro exemplo que podemos considerar é uma panela sendo aquecida por um fogão. Nesse caso a panela varia sua temperatura de acordo com a quantidade de calor que lhe foi fornecida.

**Calor**– Quando dois corpos com temperaturas diferentes são colocados em contato, podemos observar que ao final de certo tempo, os dois estão com a mesma temperatura. Isso ocorre pois o corpo mais quente tende a ceder calor para o corpo mais frio. Logo, podemos definir calor como sendo a energia térmica em trânsito, ou seja, calor é a energia que se transfere de um corpo para o outro em virtude de uma diferença de temperatura entre eles. É preciso ficar claro a diferença entre temperatura e calor já que os alunos, no seu cotidiano, usam estes termos como sinônimos.

Como calor é uma forma de energia, a sua medida é feita, no sistema internacional, em Joules. Porém, na prática, usa-se com frequência uma outra unidade, denominada caloria. Esta unidade é definida da seguinte maneira: 1 caloria representa a quantidade de calor que deve ser fornecido a 1 g de uma substância para elevar a sua temperatura em 1°C. [LUZ, 2005]

O calor está ligado ao nosso cotidiano, por exemplo: sentimos o calor sendo transferido do chuveiro, próximo à água aquecida, para o ambiente e também o calor que vem da chama do fogão pode ser facilmente sentido, porém a mais importante é a energia que vem do sol, pois sem ela não haveria vida na terra.

**Dilatação Térmica** – Todos os corpos na natureza estão sujeitos a este fenômeno, alguns mais outros menos. A dilatação térmica é uma variação que os corpos sofrem em suas dimensões, quando sua temperatura varia.

Quando aquecemos um corpo, as moléculas que constituem esse corpo tendem a ficar mais agitadas e com isso se afastam uma das outras. Desse jeito, as dimensões dos corpos aumentam. Por outro lado, se diminuirmos o aquecimento dos corpos, as suas moléculas agitam menos, diminuindo os espaços entre elas e com isso, diminuindo as suas dimensões.

Ela pode ocorrer com os corpos nos estados sólidos, líquidos e gasosos, porém no estado sólido é mais fácil verificar o aumento, pois suas moléculas estão mais unidas. Já os líquidos e gases necessitam de um recipiente que possa armazená-los para serem observados. Neste caso os recipientes também dilatam. [MASSA, 2007]

A dilatação térmica pode ocorrer tanto nos sólidos como também nos líquidos. Nos sólidos ela pode ser linear, superficial e volumétrica e nos líquido, ocorre apenas dilatação volumétrica. Na dilatação linear é levado em consideração apenas o aumento do comprimento de um corpo, desconsiderando a largura e espessura. Esse tipo de dilatação ocorre mais nos trilhos de trem e nas barras metálicas. Na dilatação superficial é levado em consideração o aumento da área do material (largura e comprimento), desconsiderando a sua espessura. Esse tipo de dilatação ocorre mais nas chapas metálicas. Na dilatação volumétrica, como o próprio nome diz, ocorre o aumento do volume, ou seja, comprimento, largura e espessura. Esse tipo de dilatação ocorre mais nos recipientes de armazenamento. Já, os líquidos como não tem forma própria, depende de um recipiente para ser armazenado logo a sua dilatação será sempre volumétrica. Podemos usar como exemplo de dilatação volumétrica nos líquidos, um tanque de gasolina de um automóvel.

Podemos usar como exemplo de dilatação térmica, os espaços encontrados entre dois trilhos de trem ou mesmo o espaço entre dois vãos de uma ponte. Outro exemplo é quando a tampa metálica de um vidro de azeitonas trava, basta aquecer a tampa que ela irá dilatar mais que o vidro e se tornará mais fácil soltá-la.

Devemos deixar que os alunos façam esta transposição para o seu cotidiano. Cada aluno tem uma profissão diferente e portanto temos exemplos



bem interessantes. Esta interação é importante, pois os alunos percebem que as mesmas leis se aplicam em diferentes circunstâncias.

**Termodinâmica** – A Termodinâmica estuda as relações entre duas modalidades de energia: a térmica e a mecânica. Os primeiros trabalhos nesse sentido foram desenvolvidos em meados do século XIX pelo físico inglês James Prescott Joule. As experiências realizadas por ele comprovaram que calor é uma forma de energia. [FERRARO, 2001]

Podemos dizer que um corpo ou sistemas de corpos, realizam trabalho quando trocam calor com o meio num processo físico. Ou seja, por condução o calor se transfere de um corpo para o outro ou entre partes de um corpo, em conseqüências de choques moleculares. Quanto maior a temperatura, maiores as velocidades das moléculas e mais freqüentes os choques entre elas, ocorrendo desse modo transferência de energia cinética para as moléculas de menor velocidade, isto é, para as regiões de menor temperatura. O trabalho, do mesmo modo que o calor, também se relaciona com transferência de energia. No entanto, o trabalho corresponde a trocas energéticas sem influências de diferenças de temperatura e nesse aspecto que se distingue do calor. O trabalho é realizado por uma força, considerando-se o sistema como um todo, independente do movimento de suas moléculas, e, por isso, não dependendo da temperatura. [RAMALHO, 2003]

Um experimento interessante ocorre com as bexigas de ar usadas nas festas quando são submetidas a temperaturas diferentes, pois o seu volume pode variar de acordo com a variação de temperatura do gás contido em seu interior. Se colocarmos a bexiga de gás dentro de um congelador, após um determinado tempo, as moléculas do gás contidas dentro da bexiga irão ter sua energia cinética média diminuída e assim diminuirá o seu volume total. Quando tiramos a bexiga do congelador o volume aumentará novamente. O mesmo irá acontecer se variarmos a pressão atmosférica ao redor da bexiga, diminuindo a pressão ela aumentará de tamanho, por outro lado, o inverso acontece.

**1º Lei da Termodinâmica** – Tendo sido estabelecida a idéia de que calor é uma forma de energia, os cientistas perceberam, então, que se uma certa

quantidade de energia mecânica desaparece (em virtude do atrito), na realidade esta energia não foi destruída, pois reaparece sob a forma de energia térmica. Assim a primeira lei da termodinâmica diz que uma dada quantidade de energia não pode ser criada nem destruída, mas apenas transformada de uma forma em outra, ou seja, a energia total do universo é constante. [LUZ, 2005]

**Estudo dos Gases** – A compressibilidade e a expansibilidade são as características mais notáveis dos gases. Assim, gás é um fluido que sofre grandes variações de volume quando submetidos a pressões relativamente pequenas e tende a ocupar todo espaço que lhe foi oferecido.

Quando estudamos os gases, levamos em consideração um gás ideal ou perfeito, que é um gás hipotético cujas moléculas não apresentam volume próprio. O volume ocupado pelo gás corresponde ao volume do recipiente que o contém. Outra característica do gás ideal é a inexistência de forças coesivas entre as suas moléculas. Uma consequência de tais fatos é que ele não sofre mudanças de fase, estando sempre na fase gasosa. [RAMALHO, 2003]

**Transformações Termodinâmicas de Um Gás** – Todo gás interage, através de suas moléculas, com o recipiente ou cilindro da máquina térmica em que está contido. A interação das moléculas com o recipiente determina as transformações que o sistema pode sofrer. Levando em conta as variáveis de um gás perfeito num sistema termodinâmico – pressão, volume, temperatura (ou energia interna) e calor – podemos considerar quatro transformações: **Isobárica** – neste tipo de transformação a pressão do gás permanece constante; **Isométrica** – neste tipo de transformação o volume do gás permanece constante; **Isotérmica** – neste tipo de transformação a temperatura do gás permanece constante e **Adiabática** – neste tipo de transformação não há troca de calor entre o sistema e o meio ambiente. Neste último caso, elas podem ser realizadas de forma quase perfeita quando o sistema termodinâmico tem paredes isolantes ou quando a transformação ocorre muito rapidamente. [GASPAR, 2000]

**2º Lei da Termodinâmica** – Durante muitos anos, cientista e técnicos, querendo aperfeiçoar o funcionamento das máquinas, chegaram à conclusão,

de que isso nunca poderia ocorrer. Em outras palavras, observou-se que a máquina, ao percorrer o ciclo, sempre rejeita parte do calor que absorveu. Assim, pela 2ª lei da termodinâmica é impossível construir uma máquina térmica que, operando em ciclo, transforme em trabalho todo o calor a ela fornecido. [LUZ, 2005]

**Ciclo de Carnot** – Se o rendimento da máquina térmica é sempre limitado (menor que 1), deve haver um rendimento máximo a ser atingido. Essa foi a hipótese de Sadi Carnot (físico e engenheiro francês, 1796-1832) em um trabalho publicado em 1824. Ele demonstrou teoricamente que existe uma seqüência específica de transformações (um ciclo especial) em que a máquina térmica obtém o máximo de rendimento. Esse ciclo passou a ser chamado de ciclo de Carnot, e a máquina que desenvolve ou trabalha seguindo ele é ideal, também chamada de máquina de Carnot.

Trata-se apenas de uma máquina ideal. O que Carnot fez, como bom engenheiro, foi estabelecer o rendimento máximo alcançável por uma máquina térmica, informação relevante do ponto de vista industrial.

Assim, com base matemática desse ciclo, ele concluiu que o rendimento de uma máquina térmica ideal funcionando entre duas fontes, uma quente à temperatura  $T_1$  e outra fria à temperatura  $T_2$ , é:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Onde:

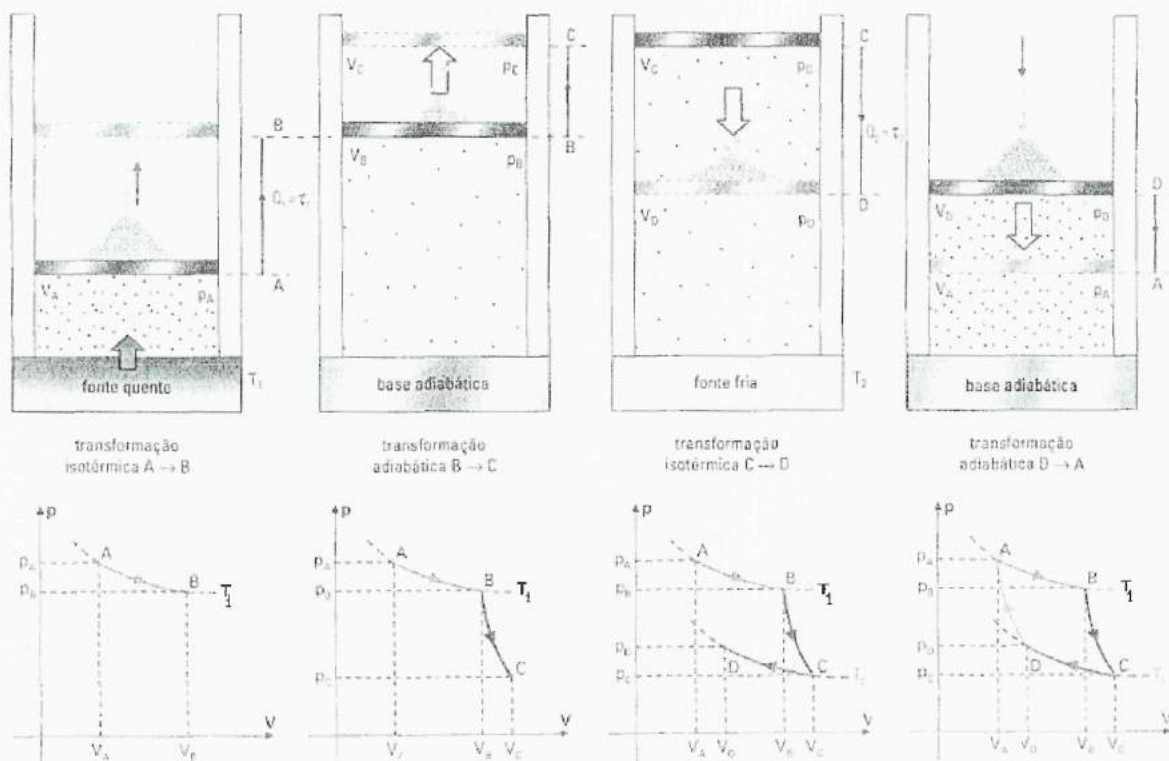
$\eta$  = Rendimento

$T_1$  e  $T_2$  = Temperaturas 1 e 2

Embora simples, essa expressão tem consequência muito importante do ponto de vista tecnológico, científico e até filosófico, pois estabelece um limite de rendimento sempre inferior a 100%, mesmo para uma máquina ideal. [GASPAR, 2004]

O ciclo de Carnot consiste em uma expansão isotérmica, seguida de uma expansão adiabática de esfriamento/expansão, uma compressão

isotérmica, e um aquecimento/compressão adiabático de volta ao início do ciclo conforme a figura 7.



[Figura-8 – Esquema do Ciclo de Carnot (GASPAR, 2000)]

**Pressão** – Muitas pessoas confundem pressão com força, no entanto, pressão leva em conta não apenas a força que você exerce mas também a *área* em que a força atua. Assim, podemos definir pressão como uma força sobre uma superfície é o quociente entre a intensidade da força normal à superfície e a dessa área.

$$P = \frac{F}{A}$$

Onde:

P = Pressão

F = Força sobre a área

A = Área

Embora força seja uma grandeza vetorial pressão é uma grandeza escalar. Ela leva em consideração apenas a intensidade da força.

Um exemplo que podemos dar sobre a pressão é força exercida sobre um prego e sobre uma cadeira cheia de pregos. Na primeira, a área de contato é menor, na segunda, a área de contato é maior. Se uma pessoa sentar sobre um prego irá perfurar a pele, já, sentando sobre uma cadeira cheia de pregos, não irá perfurar a pele.

O ar atmosférico, como qualquer corpo material, possui massa e, conseqüentemente, tem peso. Em virtude do peso do ar, a atmosfera exerce pressão (denominada pressão atmosférica) sobre qualquer corpo nela mergulhado. Logo, pressão atmosférica é a pressão exercida pelo peso do ar atmosférico sobre qualquer superfície em contato com ele.

Nos líquidos a pressão é exercida em todas as direções sobre um corpo mergulhado nele. Mas para determinar a pressão exercida por um líquido é necessário determinar primeiro a densidade desse líquido. Assim:

$$d = \frac{m}{V}$$

Onde:

d = Densidade

m = Massa

V = Volume

O calculo da pressão é dada pela equação:

$$P = d.h.g$$

Onde:

P = Pressão

d = Densidade

h = Altura

g = Gravidade

Um exemplo de pressão atmosférica e densidade do ar é que à medida que escalamos uma montanha, o ar fica menos denso e a pressão atmosférica

diminui, do mesmo jeito que, a partir do momento que se entra em um buraco, à pressão aumenta e o ar fica mais denso.

A densidade é uma característica de cada substância, assim para materiais iguais a densidade é a mesma. Um exemplo é que um prego feito de aço terá a mesma densidade de um trilho feito do mesmo material.

**Impulso** – Sabemos da experiência diária que empurrar um corpo não é apenas exercer força sobre ele, mas exercê-la durante determinado intervalo de tempo. Não é difícil perceber que, se a mesma força atua sobre o mesmo corpo nas mesmas condições, mas durante intervalos de tempos diferentes, as situações físicas são diferentes. Assim, podemos determinar o Impulso de uma força sobre um corpo como sendo a força que atua sobre um corpo, durante um intervalo de tempo, e que pode ser expressa pela equação:

$$\vec{I}_F = \vec{F} \cdot \Delta t$$

Onde:

$I_F$  = Impulso de uma Força

$F$  = Força

$\Delta t$  = Variação do tempo

[GASPAR, 2005]

Assim, para que possamos obter um resultado coerente, num curto intervalo de tempo é necessário aplicar uma força muito grande, ao passo que, num tempo mais longo a força pode ser menor. Como exemplo disso, podemos utilizar uma pessoa em um balanço sendo empurrada por outra pessoa.

Um exemplo bem prático seria um atleta usando seu arco e flecha. Para lançar a flecha, o arco faz com que a corda exerça força sobre a flecha durante determinado intervalo de tempo.

**Conservação da Quantidade de Movimento** – Considere um sistema de corpos iso.ado de forças externas onde podem ocorrer as seguintes reações:

- I – Não atuam forças externas, podendo, no entanto, haver forças internas entre os corpos;
- II – Existem ações externas mas sua resultante é nula;
- III – Existem ações externas, mas tão pouco intensas (quando comparadas às ações internas) que podem ser desprezadas.

Observadas as situações descritas acima, verificamos que o sistema está isolado de forças externas, logo, a quantidade de movimento desse sistema é constante, mesmo que a energia mecânica não permaneça. Em outras palavras, os princípios da conservação da energia e da quantidade de movimento são independentes. [RAMALHO, 2003]

No barquinho pop-pop, quando a água se transforma em vapor, sai sob alta pressão do tubo de cobre para trás e pela conservação da quantidade de movimento, o barquinho é impulsionado para frente e assim se locomovendo.

### 3 - 3 – EXPERIMENTO 1 - BARQUINHO POP-POP



[Figura 9 - Motor a Combustão Externa (Barco pop-pop)]

Este experimento é utilizado para exemplificar um modelo de máquina térmica, rudimentar, de forma que possa ser construído com baixo custo e que possa ser aplicado em sala de aula para alunos do EJA.

Consiste em um barco de plástico com um tubo de cobre em forma de espiral que é aquecido por uma vela. Dentro da espiral do tubo de cobre, contem água que é aquecida até entrar em ebulição. O barco é posto em um recipiente com água de forma que ele flutue normalmente dentro dele. Conforme o vapor vai sendo expelido pelo tubo de cobre, o barco vai se movimentando.

Através da figura 9 podemos observar como ficou o experimento do barco pop-pop após ser montado

### 3 - 4 – EXPLICAÇÃO

O funcionamento desse barco ocorre da seguinte maneira: Nele há dois tubos de cobre que saem pela popa do barco, provenientes de uma pequena caldeira, fixados entre o centro do barco e a proa. Quando a caldeira é aquecida por uma vela, o vapor que se forma obriga a água a sair pelos tubos, e o barco move-se para frente. Quando se consome a água que estava na caldeira, o barco deveria parar, mas o que acontece é que os tubos aspiram mais água para dentro da caldeira, e o processo repete-se. E assim o barco segue seu caminho até a extinção da vela.

Como o objetivo deste trabalho é apresentar vários conceitos da física relacionados com os experimentos e que acontecem no dia a dia do aluno, podemos verificar que no barquinho pop-pop, o **calor** transferido pela chama da vela converte em vapor uma parte da água que está na caldeira; a **pressão** exercida por esse vapor desenvolve forças sobre a superfície da água que resta na caldeira e **impulsiona** as colunas de água através dos tubos, fazendo-as emergir, junto com o vapor, em jato na traseira do barco. Quando água e vapor saem da caldeira, parte do vapor restante condensa-se nos tubos, que estão mais frios, e contrai-se, diminuindo a pressão e, com isso, aspirando água fria para dentro do tubo morno e da caldeira quente. E o ciclo recomeça.



### **3 - 5 - FUNCIONAMENTO DE MOTORES A VAPOR**

Todos os motores a combustão externa seguem o mesmo princípio de funcionamento. Na fornalha o combustível (o mais usado é o carvão) é queimado, os gases da combustão são conduzidos a uma chaminé. O calor esquentando a caldeira que está cheia de água que se transforma em vapor, este vapor sob pressão é conduzido até um cilindro ligado a um pistão criando assim um movimento que faz mover o sistema.

Uma máquina a vapor não cria energia, utiliza o vapor para transformar a energia calorífica liberada pela queima de combustível em movimento de rotação e movimento alternado de vaivém, a fim de realizar trabalho. Uma máquina a vapor possui uma fornalha, na qual se queima carvão, óleo, madeira ou algum outro combustível para produzir energia calorífica. Em uma usina atômica um reator funciona como uma fornalha e a desintegração dos átomos geram o calor. Uma máquina a vapor dispõe de uma caldeira. O calor proveniente da queima de combustível leva a água a transformar-se em vapor, e ocupam um espaço muitas vezes maior que o ocupado pela água.

### **3 - 6 – COTIDIANO**

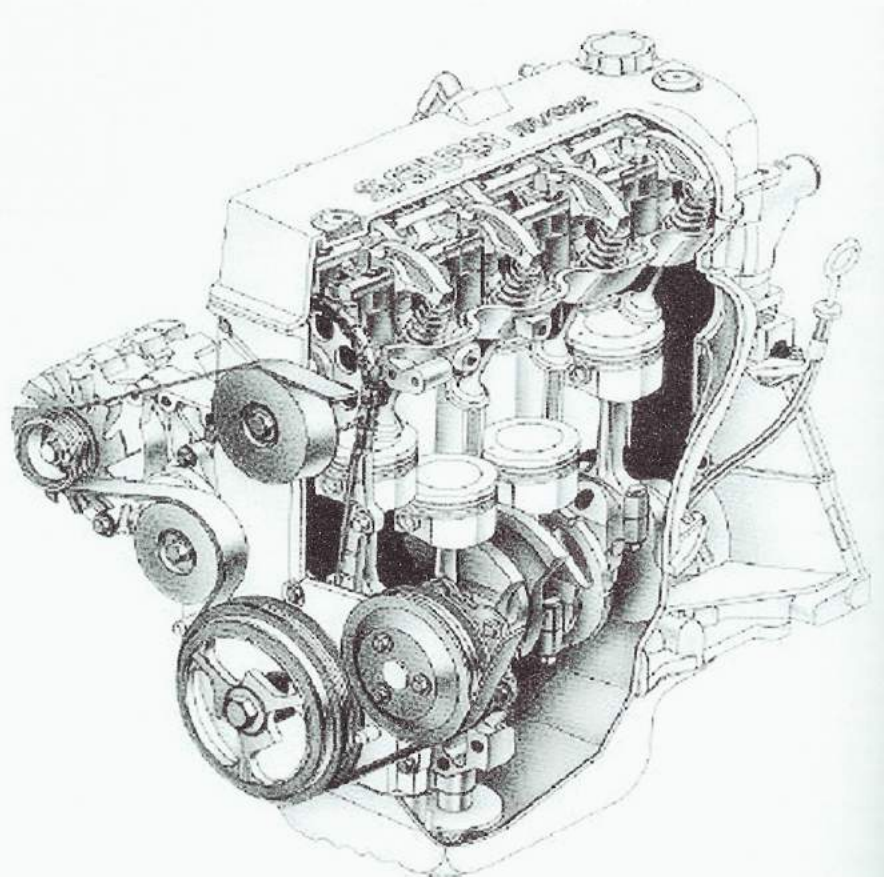
O aluno poderá verificar este tipo de experimento no seu dia a dia, quando observar o funcionamento de uma usina termoelétrica, nos antigos trens a vapor (também conhecido como Maria Fumaça), nos navios e barcos a vapores, entre outras coisas.

As termoelétricas funcionam com o vapor que saem de suas caldeiras para girarem as turbinas e assim gerar energia elétrica, o calor fornecido a caldeira é proveniente da queima de algum combustível fóssil ou no caso das usinas nucleares, da reação do urânio.

Por volta do século XIX o transporte era feito por meio de trens ou navios, já que ainda não existia o motor a combustão interna. Esses transportes usavam também o vapor como combustível para impulsioná-los.

## CAPÍTULO 4 - MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

Esse motor está baseado na experiência proposta pelo professor Alberto Gaspar. [GASPAR, 2003]



[Figura 10- Vista em corte de um motor de quatro cilindros em linha (PRIMO, 2007)]

### 4 - 1 - OBSERVAÇÃO

Neste experimento quando espirramos gasolina para dentro do tubo de aço e realizamos uma explosão através do dispositivo de acendimento automático, o pistão irá subir descendo logo após, devido ao seu peso. Se esse processo for repetido sequencialmente ocorrerá uma série de explosões fazendo com que o pistão suba e desça várias vezes. Assim, vamos poder observar como seria o funcionamento de um motor a combustão interna.

Cuidado ao manusear a gasolina, pois ela é inflamável e podem ocorrer acidentes com danos irreparáveis.

## 4 - 2 - CONCEITOS TEÓRICOS

Essa experiência é muito importante para que os alunos possam entender o funcionamento de uma das mais importantes máquinas utilizadas pelo ser humano: o motor a explosão, também conhecido como motor a combustão interna. Ela mostra a origem de uma das fontes de energia mais utilizadas no nosso tempo, originárias dos combustíveis capazes de explodir, como o álcool, a gasolina, o óleo diesel, gases derivados do petróleo, etc.

Após fazermos a demonstração, iniciamos uma discussão sobre seu funcionamento dando origem à introdução da teoria.

**História** - O motor a explosão interna é mais recente que a máquina a vapor, foi criada no fim do século XIX sendo que um dos primeiros a ser criado foi o motor a diesel, que tem esse nome em homenagem ao seu criador Rudolf Diesel. Engenheiro alemão, Diesel construiu seu primeiro motor em 1893. O motor explodiu e quase o matou, mas ele provou que o combustível poderia ser inflamado sem uma centelha. Diesel colocou em funcionamento o primeiro motor bem sucedido em 1897. Mais tarde, sir Dugald Clerk, cidadão britânico, desenvolveu o diesel de dois tempos. O motor diesel é de invenção relativamente recente, tendo começado a difundir-se na indústria há cerca de trinta anos.

Sua grandiosa aceitação reside especialmente em apresentar o mais alto rendimento térmico obtido em máquinas térmicas e na possibilidade de usar vários combustíveis líquidos de baixo preço. Originariamente era pesado e lento; porém sua evolução construtiva foi rápida, e hoje em dia se adapta vantajosamente aos mais variados misteres tanto na indústria, como na marinha, na aviação e no automobilismo.

Hoje os motores à explosão são compactos e leves comparativamente a sua potência. Isto os torna mais usado em veículos. Automóveis, cortadores de grama, motocicletas, ônibus, aviões e pequenos barcos. Os motores à

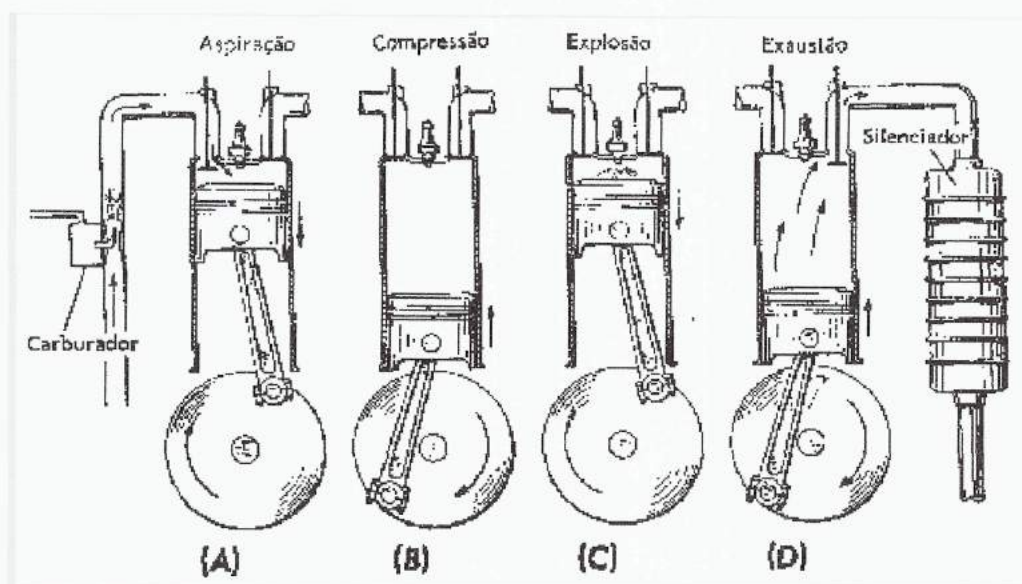
explosão também podem funcionar como usinas elétricas portáteis - por exemplo, para fornecer energia para acionar bombas e outras máquinas em fazendas.

Em geral é um motor que utiliza a gasolina, álcool e diesel como combustível. Realiza trabalho queimando uma mistura de vapor de gasolina e ar dentro de um cilindro. Por esta razão, é também chamado motor de combustão interna. [MOTOR, 2006]

Existem diferentes tipos de motores a combustão interna:

**Motor a Gasolina** – Está associado aos automóveis modernos, pode ser de quatro, seis ou oito cilindros, também são conhecidos como um motor de quatro tempos (ver figura 9). No tempo de aspiração, o pistão move-se para baixo, partindo de cima do cilindro, criando assim um vácuo parcial. A válvula de admissão se abre e a pressão atmosférica força o ar através de uma parte do carburador onde um jato de gasolina se mistura com ar. Esta mistura passa pelo cano de aspiração entra no cilindro sob a forma de mistura de ar com vapor de gasolina. No tempo de compressão, a válvula de admissão se fecha e o pistão é empurrado para cima do cilindro, comprimindo a mistura praticamente a um décimo do seu volume inicial. No tempo de explosão, uma faísca elétrica acende-se na mistura e esta explode elevando a temperatura e a pressão, fazendo os gases em seu interior expandirem, forçando o pistão para baixo e assim fazendo girar o eixo que movimenta o carro. E para finalizar, vem o tempo de exaustão onde a válvula de exaustão se abre. O pistão, ao chegar ao topo do cilindro, expelle os gases queimados através do cano de escape e silencioso.

Cada cilindro deve passar por esse ciclo de quatro tempos: aspiração, compressão, explosão, exaustão. O rendimento do motor de um automóvel pode variar de 22 a 28 por cento. [BIBLIOTECA, 2006]

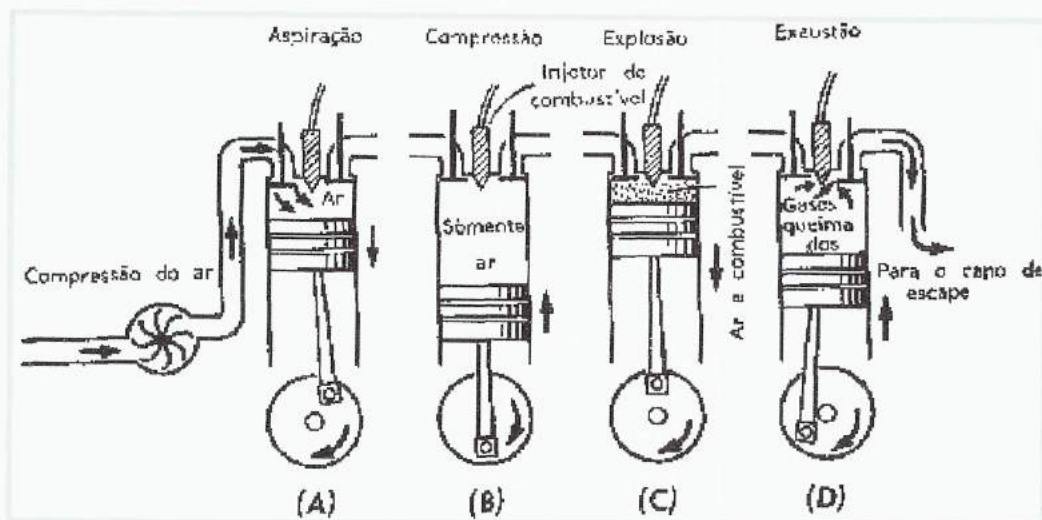


[Figura 11 – Motor a Gasolina – Os quatro tempos de um pistão - (BIBLIOTECA, 2006)]

Na figura 10 podemos observar que cada pistão gira em um diferente ciclo, desse jeito, a biela gira continuamente e com isso o motor não para.

**Motor Diesel** – Este motor é geralmente usado em grandes caminhões, navios e submarinos, eles queimam um combustível mais barato e com um rendimento maior que o motor a gasolina. O motor diesel tem o mesmo ciclo de quatro tempos que o motor a gasolina com as seguintes exceções: Somente o ar entra no cilindro no tempo de aspiração comprimindo o ar e aquecendo-o, logo em seguida o óleo é forçado para dentro do topo do cilindro por um injetor de alta pressão. O ar está tão quente que ele acende o óleo produzindo o tempo de explosão. Os gases queimados são expelidos como no motor a gasolina. Logo, no tempo de aspiração, o ar entra no cilindro; no tempo de compressão, o cilindro comprime e aquece o ar; no tempo de explosão, o combustível é injetado e queimado pelo ar quente e o pistão é impelido para baixo; no tempo de exaustão, os gases queimados são expelidos.

O motor diesel não tem carburador nem ignição elétrica, a faísca não é necessária. É mais simples que o motor a gasolina, apresenta melhor rendimento, em virtude da alta compressão e alta temperatura em que opera. O rendimento pode atingir 38 por cento. [BIBLIOTECA, 2006]



[Figura 12 – Motor a Diesel – (BIBLIOTECA, 2006)]

**Combustão** - Uma das mais importantes transformações químicas com produção de energia térmica é a combustão.

\* **Combustão** é a queima das substâncias químicas, produzindo novas substâncias e liberando calor.

Além de se valerem da luz e calor do sol, os homens, em seus primórdios, utilizavam também o fogo. Embora não soubessem provocar fogo, os homens talvez tenham aproveitado incêndios acidentais provocados por raios ou por lava incandescente de algum vulcão. Aprenderam inicialmente, a manter o fogo. Os "guardiões do fogo" vigiavam dia e noite esses incêndios acidentais, alimentando-os com gravetos, folhas, etc. Há 500 mil anos, o homem primitivo queimava madeira para conseguir luz e calor.

O domínio do fogo – saber fazer e usar controladamente o fogo proveniente da combustão (queima) – significou uma transformação profunda na vida dos homens. As transformações químicas que ocorrem no cozimento de alimentos, na produção de utensílios cerâmicos, de metais como ferro e ligas metálicas como bronze, só foram possíveis com a energia liberada nas combustões. [GEPEQ, 2007]

Ao longo de sua história, o homem, utilizando o calor proveniente das reações de combustão para diversos fins percebeu que materiais diferentes quando queimados, fornecem diferentes quantidades de energia. Assim, substituiu a madeira pelo carvão vegetal, este pelo carvão mineral, e todos esses pelo petróleo.

Compare o poder calorífico de alguns combustíveis através do quadro abaixo:

COMBUSTÍVEL	PODER CALORÍFICO	
	em kJ/kg	em kcal/kg
Gás liquefeito de petróleo	49030	11730
Gasolina isenta de álcool	46900	11220
Gasolina com 20% de álcool	40546	9700
Óleo diesel	44851	10730
Carvão	28424	6800
Lenha	10550	2524
Álcool combustível	27200	6507

[Tabela 1 – Poder Calórico dos combustíveis - (GEPEQ, 2007)]

Mas, o que é uma reação de combustão? Que transformações ocorrem nos materiais fornecendo tanta energia?

Somente no século XVIII, com a descoberta do oxigênio, é que se começou a entender tais reações. Estudos feitos por Lavoisier (1743-1794) permitiram concluir que a combustão era na verdade uma reação com o oxigênio contido no ar atmosférico. Assim, o carvão, os óleos, o petróleo reagem com oxigênio, formando outros materiais e liberando energia. É necessário, entretanto, fornecer certa quantidade de energia para que as reações iniciem.

[GEPEQ, 2007]

**Potência** – Na definição de trabalho de uma força não se considera o tempo gasto para realizá-lo, ou seja, o trabalho é o mesmo se realizado em 1s, 1h ou 1 ano. Mas algo muda quando dois trabalhos diferentes são realizados em tempos diferentes. A definição dessa grandeza se baseia numa idéia muito simples: quanto menor o tempo para realizar o mesmo trabalho, maior a potência desenvolvida, por outro lado, quanto maior o tempo para realizar o mesmo trabalho, menor a potência desenvolvida.

Para exprimir em termos matemáticos essa idéia, a potência foi definida, como uma razão em que o numerador é o trabalho e o denominador é o intervalo de tempo em que ele se realiza. Assim, se o mesmo trabalho é realizado em tempos diferentes, o numerador não muda, mas, quanto menor o denominador, maior o resultado, isto é, a potência. [GASPAR, 2004]

**Rendimento** – Em um sistema que utiliza motores com propulsores, há uma potência fornecida pelo motor denominada potência útil, e uma potência consumida por esses motores para que possa funcionar, denominada potência total. Por definição, a razão entre as potências útil e total é o rendimento da máquina.

Como potência útil é sempre menor que a total, o numerador é sempre menor que o denominador, portanto o rendimento é sempre menor que 1. Além disso, como é a razão entre grandezas iguais, o rendimento é expresso por um número puro, sem unidade. [GASPAR, 2004]

Podemos utilizar com exemplo de rendimento, um motor de um automóvel. A potência utilizada por ele é sempre menor do que a potência total fornecida por esse motor. Dessa forma, quando o veículo estiver subindo uma ladeira poderá utilizar uma potência maior do que a utilizada quando ele está em uma reta.

**Energia** – No mundo atual, muito se fala em energia. Sabe-se que ela é essencial à vida. O papel do sol, do petróleo e de outros combustíveis é de vital importância para que se consiga a energia que nos mantém vivos e que faz nossas máquinas e mecanismos funcionarem.

Na verdade, o conceito de energia é difícil de ser definido. Apesar disso, a ideia está tão arraigada em nosso cotidiano que praticamente a aceitamos sem definição. Mas podemos relacionar a energia com outros conceitos físicos já estudados. Por exemplo, quando falamos em movimento, estamos nos referindo à energia cinética, quando um corpo está em repouso, apenas em função da posição que ele ocupa, estamos nos referindo à energia potencial. [RAMALHO, 2003]

**Energia Cinética** – Quando observamos um objeto movendo-se em um sistema de referência, a própria existência de movimento é um sinal de que foi realizado trabalho para estabelecê-lo. A massa do objeto deve também estar envolvida, por que uma determinada quantidade de trabalho provocará diferentes velocidades em objetos de massa diferentes. O que há no movimento da partícula que possa ser relacionado quantitativamente com o trabalho que foi realizado sobre a partícula?



A propriedade que estamos procurando é a Energia Cinética da partícula. Essa energia depende do quadrado da sua velocidade sendo, assim, sempre positiva. A sua unidade no sistema internacional é o Joule, a unidade de medida do trabalho. A energia cinética é uma grandeza escalar, pois não depende da direção segundo a qual a partícula esteja se movimentando.

Para determinar a energia cinética em uma partícula em movimento, vamos utilizar a expressão matemática abaixo:

$$E_c = \frac{m.V^2}{2}$$

Onde:

$E_c$  = Energia Cinética

$m$  = Massa

$V$  = Velocidade

[HALLIDAY, 1991]

**Energia Potencial** - Se um corpo não está se movimentando, ou seja, ele se encontra em repouso, poderíamos dizer que não existe energia sobre esse corpo. Porém uma outra forma de energia, mais oculta, está atuando sobre esse corpo fazendo com que o mesmo fique na eminência de entrar em movimento. Agora, se um corpo se encontra há uma altura  $h$  do solo, sobre ele irá atuar a força gravitacional, dessa maneira o corpo irá realizar trabalho. Esse tipo de energia é a energia potencial gravitacional.

Essa energia pode ser determinada através da equação:

$$E_p = m.g.h$$

Onde:

$E_p$  = Energia Potencial Gravitacional

$m$  = Massa

$g$  = Aceleração da Gravidade

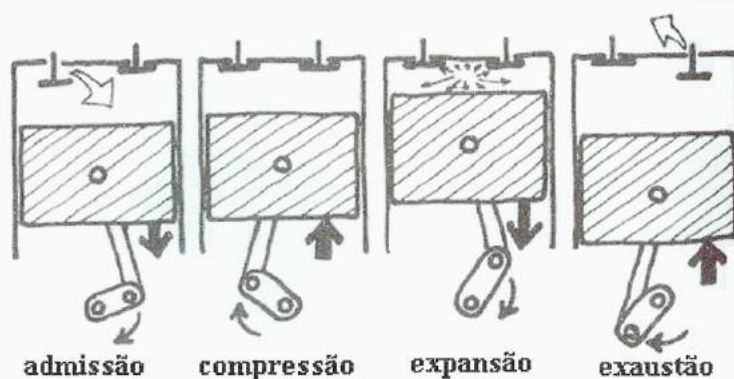
$h$  = Altura

Podemos ter outros tipos de energia potencial como a energia potencial elástica. [HALLIDAY, 1991]

Um exemplo muito interessante sobre as diversas formas de energia, e um carro de montanha russa. Neste tipo de brinquedo encontrado em diversos parques de diversões, o carro quando inicia seu deslocamento no ponto mais alto da trajetória, transforma a energia potencial gravitacional em energia cinética. Assim, o carro desenvolve altas velocidades e realiza as suas manobras.

**Ciclo Otto** – Também chamado de ciclo de quatro tempos de um motor a explosão é o ciclo mais usado em automóveis atualmente. Foi definido em 1862, pelo engenheiro francês, Alphonse Beau de Rochas e implementado com sucesso pelo engenheiro alemão Nikolaus Otto em 1876. Este ciclo está relacionado a motores que usam combustíveis leves como gasolina, álcool e gás natural.

O ciclo Otto é constituído pelos processos: Compressão Adiabática; Aquecimento Isométrico de Calor; Expansão Adiabática e Rejeição Isométrica de Calor. Em outras palavras, podemos dizer que os processos do ciclo Otto são: Admissão, compressão, expansão e exaustão, conforme a figura abaixo:



[Figura 13 – Ciclo Otto – (BRAGA FILHO, 2007)]

#### 4 - 3 - EXPERIMENTO 2 - MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA

Este experimento foi realizado para demonstrar para o aluno como ocorre a explosão dentro do motor de um automóvel. Por motivos de

segurança apenas explicamos como a explosão ocorre e o que ela provoca. A figura abaixo mostra como ficou o experimento depois de montado.



**[Figura 14 - Motor a combustão]**

Podemos observar que o experimento é composto de um cilindro metálico acoplado a uma base também metálica e apoiado numa estrutura de madeira. Na estrutura de madeira foi conectado uma roda que está ligada ao pistão que está dentro do cilindro metálico.

A explosão dentro do cilindro é provocada pelo eletrodo que está conectado a sua esquerda. A entrada de combustível ocorre através do tubo de cobre que está conectado a direita do cilindro metálico. Dentro do cilindro metálico possui um pistão que irá subir e descer conforme as explosões forem ocorrendo. A figura 13 ilustra a montagem do experimento.

#### **4 - 4 - EXPLICAÇÃO**

O funcionamento desse experimento ocorre da seguinte maneira, pelo tubo de cobre é borrifado, através de um vidro de desodorante, gasolina misturado com ar. Esse tubo de desodorante faz o papel do carburador. Através do eletrodo, provoca-se uma fagulha fazendo com que o pistão suba dentro do cilindro metálico conforme está montado na figura 13. Desse jeito, a roda gira fazendo com que todo o processo seja refeito novamente.

#### **4 - 5 - FUNCIONAMENTO DE MOTOR A COMBUSTÃO**

O potencial de energia do petróleo é muito elevado. A energia nele concentrada pode liberar-se instantaneamente como na pólvora, produzindo uma explosão, com grande efeito mecânico.

Para que isso aconteça é necessário que ele seja queimado em uma mistura apropriada com certa porcentagem de oxigênio. Quando a mistura de ar com combustível queima formam-se gases quentes. Estes se expandem rapidamente e empurram as partes interiores do motor, levando-as mover-se. Este movimento pode movimentar rodas e hélices, ou operar máquinas. A potência de um motor à explosão, isto é, o trabalho que pode produzir, é geralmente expressa em cavalos-vapor ou watts. [BIBLIOTECA, 2006]

#### **4 - 6 - COTIDIANO**

Este tipo de experimento é o que pode ser verificado, no cotidiano do aluno, com mais frequência. Ele pode ser encontrado nos veículos automotores, nos geradores de energia elétrica, entre outros lugares.

É um experimento muito interessante, do ponto de vista do aluno, pois se trata de algo que ele utiliza, quase que todos os dias, sem contudo perceber a sua funcionalidade.

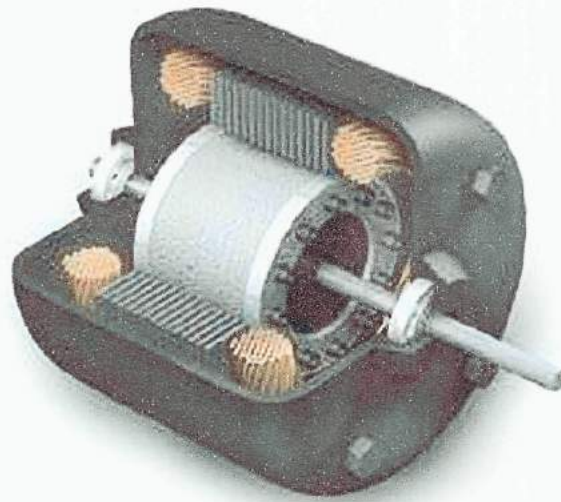
## CAPÍTULO 5 - MOTORES ELÉTRICOS

Este experimento tem como objetivo, mostrar para o aluno que é possível gerar energia elétrica a partir de um movimento mecânico e vice-versa.

Motor elétrico é uma máquina destinada a transformar energia elétrica em mecânica. É o mais usado de todos os tipos de motores, pois combina as vantagens da utilização de energia elétrica (baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando) com sua construção simples, custo reduzido, grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos.

O motor elétrico também pode gerar energia elétrica a partir do movimento mecânico. Essa tarefa pode ser realizada por um gerador ou por um dínamo. Em muitos casos os dois dispositivos diferem somente em sua aplicação e detalhes menores de construção.

A maioria dos motores elétricos trabalham através do eletromagnetismo, mas existem motores baseados em outros fenômenos elétricos, tais como forças eletrostáticas. O princípio fundamental em que os motores eletromagnéticos são baseados é que há uma força mecânica em todo o fio quando está conduzindo a eletricidade contida dentro de um campo magnético. A força é descrita pela lei da força de Lorentz sendo perpendicular ao fio e o campo magnético.



[Figura 15 – Motor Elétrico - (SILVA, 2005)]

## 5 - 1 - OBSERVAÇÃO

Ao girar a manivela, os CDs que formam uma roldana vão girar o eixo do motor elétrico gerando uma corrente elétrica e assim acenderá o Led que está acoplada ao motor ao mesmo tempo vai acionar outro motor elétrico que irá impulsionar o ventilador.

## 5 - 2 - CONCEITOS TEÓRICOS

A primeira indicação de que poderia haver um intercâmbio entre energia mecânica e energia elétrica foi mostrada por Michael Faraday em 1831, através da lei da indução eletromagnética, considerada uma das maiores descobertas individuais para o progresso da ciência e aperfeiçoamento da humanidade. Baseando-se nos estudos de Faraday, o físico Galileu Ferraris, em 1885, desenvolveu o motor elétrico assíncrono de corrente alternada.

[NETTO, 2005]

**História** – Hoje em dia, os motores elétricos, têm papel fundamental em nossas vidas. Porém, podemos considerar o ano de 1886 como o ano de nascimento do motor elétrico, pois foi nesta data que o cientista alemão Werner Von Siemens inventou o primeiro gerador de corrente contínua auto-

induzido. Entretanto esta máquina que revolucionou o mundo em poucos anos, foi o primeiro estágio de estudo de pesquisa e de inovações de muitos outros cientistas, durante quase três séculos.

Em 1600 o cientista inglês William Gilbert publicou, em Londres a obra intitulada *De Magnete*, descrevendo a força de atração magnética. O fenômeno da eletricidade estática já havia sido observado antes pelo grego Tales, em 641 a.C., ele verificou que ao friccionar uma peça de âmbar com um pano, esta adquiria a propriedade de atrair corpos leves.

O físico dinamarquês Hans Christian Oersted, ao fazer experiências com correntes elétricas, verificou em 1820 que a agulha magnética de uma bússola era desviada de sua posição norte-sul quando esta passava perto de um condutor no qual circulava corrente elétrica. Esta observação permitiu a Oersted reconhecer que existia uma relação entre magnetismo e eletricidade, dando assim, o primeiro passo em direção ao desenvolvimento do motor elétrico.

Em 1832, o cientista italiano S. Dal Negro construiu a primeira máquina de corrente alternada com movimento de vaivém. Já no ano de 1833, o inglês W. Ritchie inventou o comutador construindo um pequeno motor elétrico onde o núcleo de ferro enrolado girava em torno de um ímã permanente. Para dar uma volta completa, a polaridade do eletroímã era alternada a cada meia volta através do comutador.

Somente em 1886 Siemens construiu um gerador sem a utilização de ímã permanente, provando que a tensão necessária para o magnetismo poderia ser retirado do próprio enrolamento do rotor. O primeiro dínamo de Werner Siemens possuía uma potência de aproximadamente 30 watts e uma rotação de 1200 rpm. A máquina de Siemens não funcionava apenas como gerador de eletricidade, mas também podia operar como motor, desde que se aplicasse aos seus bornes uma corrente contínua.

Em 1885, o engenheiro eletrotécnico Galileu Ferraris construiu um motor de corrente alternada de duas fases. Ferraris, apesar de ter inventado o motor de campo girante, concluiu erroneamente que os motores construídos segundo este princípio poderiam, no máximo, obter um rendimento de 50% em relação à potência consumida. Em 1887, Tesla apresentou um pequeno

protótipo de motor de indução bifásico com rotor em curto-circuito. Esse motor também apresentou rendimento insatisfatório.

Foi o engenheiro eletrotécnico Dobrowolsky, em 1889, que inventou um motor trifásico com rotor de gaiola. O motor apresentado tinha uma potência de 80 watts, um rendimento aproximado de 80% em relação à potência consumida. As vantagens do motor de corrente alternada em relação ao de corrente contínua eram marcantes: construção mais simples, silencioso, menos manutenção e alta segurança em operação. [MOTOR, 2007]

**Corrente Elétrica** – A expressão corrente elétrica está relacionada à antiga concepção de que a eletricidade seria um fluido e, como tal, poderia ser canalizada por condutores, encanamentos hipotéticos desse fluido elétrico. Assim como água corrente, deveria haver também eletricidade corrente ou correntes elétricas.

Na verdade, embora a analogia entre corrente elétrica e água corrente em encanamentos seja ainda hoje muito utilizada, esses fenômenos têm características muito diferentes. Ou seja, pelo menos três grandes inadequações. A primeira se refere a quem se movimenta e como se movimenta. A segunda inadequação se refere à velocidade do deslocamento. A terceira inadequação se refere à forma de propagação da corrente elétrica.

Se observarmos um condutor elétrico através de um microscópio, veremos que ele possui elétrons se movendo em todas as direções, ou seja, se movendo de forma desordenada. Quando ligamos esse condutor a uma tensão elétrica, os elétrons, que estavam desordenados, passam a se mover ordenadamente, saindo de um pólo e indo para o outro.

Assim, podemos dizer que corrente elétrica é o movimento ordenado de cargas elétricas em condutor elétrico, quando este é submetido a uma tensão elétrica.

A corrente elétrica possui duas ramificações, a corrente contínua e a corrente alternada. Na corrente contínua, a intensidade e o sentido da corrente elétrica são sempre os mesmos, ou seja, se mantém constante durante todo o tempo. Neste tipo de corrente os elétrons vão se movendo passando de um átomo para o outro. Já a corrente alternada, o sentido da corrente elétrica



muda em intervalos de tempos iguais, ou seja, os elétrons vibram em torno de uma posição.

A intensidade da corrente elétrica que atravessa um condutor, pode ser determinado através da equação:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Onde:

i = Intensidade da corrente elétrica

$\Delta Q$  = Variação da Quantidade de Carga

$\Delta t$  = Variação do Tempo

[GASPAR, 2004]

**Magnetismo** - A palavra magnetismo tem sua origem na Grécia antiga, porque foi em Magnésia, antiga cidade grega, que se observou um minério com propriedades de atrair objetos de ferro. Tal minério ficou conhecido por magnetita.

Da mesma forma que os fenômenos elétricos resultantes da atração do âmbar, a atração magnética exercida pela magnetita sobre o ferro foi explicada pela primeira vez no século VI a.C. por Tales de Mileto. Como o âmbar, a magnetita também teria uma espécie de alma, podia comunicar sua vida ao ferro inerte, que, por sua vez, também adquiria um poder de atração. Durante os séculos que se seguiram as explicações foram semelhantes.

Só no século XIII começaram a surgir observações mais acuradas sobre o magnetismo e a eletricidade. A primeira e mais importante na época foi a compreensão de que eram fenômenos de natureza diferente, o que prevaleceu até o século XIX.

Na verdade, hoje sabe-se que eletricidade e magnetismo são aspectos do mesmo fenômeno, o eletromagnetismo. E o ponto de partida do estudo do eletromagnetismo é o estudo dos ímãs. [GASPAR,2000]

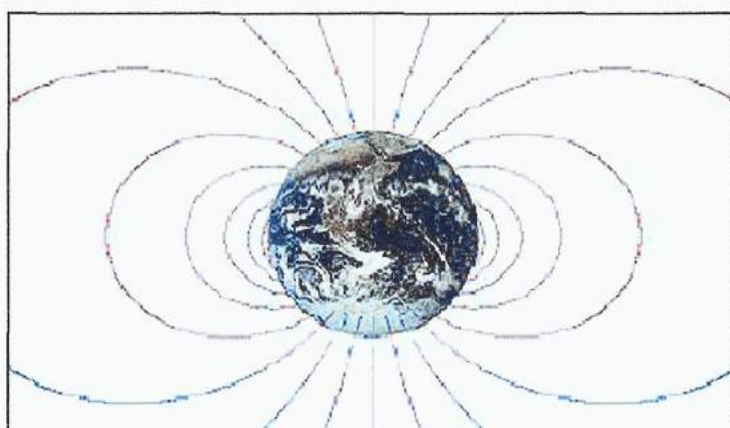
**Ímãs** - Ímãs são corpos de matérias ferromagnéticas com propriedades de atrair outros materiais ferromagnéticos e de atrair ou repetir outros ímãs.

Embora existam ímãs das mais diferentes formas, todos eles têm dois pólos distintos e bem localizados: O pólo norte e o pólo sul. E, como ocorre com as cargas elétricas, pólos de mesmo nome se repelem e pólos opostos se atraem.

Não é apenas a forma geométrica de um ímã que define a localização de seus pólos, ela depende também da localização da maneira como os ímãs adquirem o seu magnetismo. Mas os pólos sempre se opõem entre si em relação a um plano ou uma superfície de simetria. Em ímãs naturais, como as pedras de magnetita, a posição dos pólos depende da orientação do campo magnético terrestre na ocasião em que esse mineral se solidificou. Em ímãs artificiais, a posição dos pólos é determinada pelo processo de magnetização utilizado. [Gaspar, 2000]

**Pólos de um Ímã** - Quando um ímã é aproximado de pequenos objetos de ferro com pregos, alfinetes ou limalhas (partículas de pó de ferro), observa-se que a atração dele sobre esses objetos é mais intensa em certas partes, que são denominadas pólos do ímã. Um ímã em forma de barra tem os pólos situados em suas extremidades e, se ele tiver a forma da letra U. [LUZ, 1999]

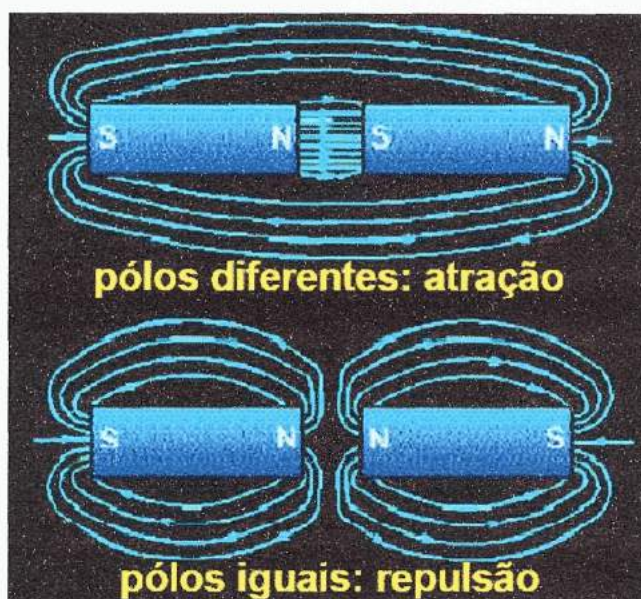
A denominação dos pólos de um ímã, norte e sul, estão ligados à bússola e aos pólos geográficos terrestre. A figura abaixo representa as linhas do campo magnético terrestre. [GASPAR,2000]



[Figura 16 – Campo magnético Terrestre – (MUSSOI, 2007)]

Como não existem pólos magnéticos isolados, quando um ímã quebra ou é cortado, dá origem a novos ímãs, cuja polaridade depende da forma como se partiram.

Podemos concluir que ímãs de pólos iguais se repelem e ímãs de pólos diferentes se atraem, o que pode ser observado na figura abaixo.

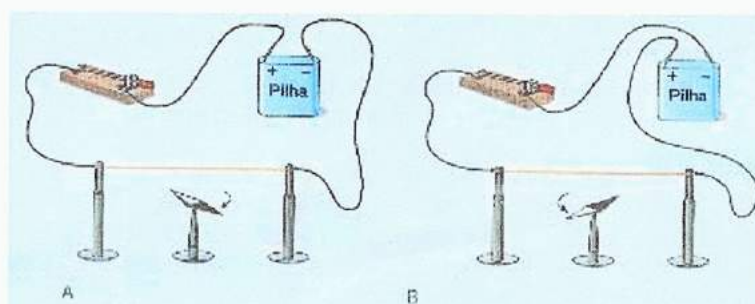


[Figura 17 – Campo Magnético no Ímã – (MUSSOI, 2007)]

**A experiência de Oersted** - Até o ano de 1820, os cientistas pensavam que os fenômenos, elétricos e magnéticos eram totalmente independentes, isto é, que não havia qualquer relação entre eles. Nesse ano, o físico dinamarquês H. Oersted, professor da universidade de Copenhague, realizou uma experiência que se tornou famosa por alterar completamente essas idéias.

Oersted observou que um fio retilíneo (sem corrente elétrica), ao ser colocado próximo a uma agulha magnética, nada ocorria com essa agulha. Ao fazer passar por esse fio uma corrente elétrica, a agulha se desviava, tendendo a tomar uma direção perpendicular a esse fio. Interrompendo-se a corrente no fio, a agulha voltava a se orientar na direção norte-sul:

Portanto, a corrente elétrica no fio atuava sobre a agulha magnética de maneira semelhante a um ímã. Em outras palavras, a corrente elétrica estabelecia um campo magnético no espaço em torno dela, e esse campo foi o agente responsável pelo desvio da agulha magnética. [LUZ, 1999]



[Figura 18 – Experimento de Oersted – (EXPERIÊNCIA, 2007)]

Na figura 17, podemos observar que, em A, o sentido da corrente elétrica é diferente de B, logo pode-se observar que a agulha se desloca para um sentido e quando a corrente é invertida, se desloca para outro sentido.

**Bobinas** - Suponha que um condutor retilíneo percorrido por uma corrente elétrica contínua seja encurvado para formar uma espira plana e circular. Um conjunto de espiras enroladas lado a lado forma um solenóide, ou uma bobina. Ambos são agrupamentos de espiras. Na prática, porém, há algumas pequenas diferenças. Bobina tem um significado genérico, amplo. Qualquer enrolamento de seção normal de qualquer forma, seja circular, quadrada ou retangular, por exemplo, é uma bobina. Solenóide tem um significado mais restrito. Em geral, essa denominação é usada para conjuntos de espiras circulares de mesma seção normal enroladas uniformemente em hélice.

Ligando-se as extremidades da bobina a uma bateria, isto é estabelecendo-se uma corrente em suas espiras, essa corrente cria um campo magnético no interior e no exterior do solenóide. [LUZ, 1999] Se colocarmos uma agulha magnética em seu interior observamos que a orientação da agulha estará no sentido da corrente. Quando o sentido da corrente nas espiras é invertido, observa-se que a orientação da agulha também se inverte.

[GASPAR, 2000]

**Indução Eletromagnética** - Desde que Oersted, em 1820, descobriu que uma corrente elétrica gera um campo magnético, a simetria das relações entre o magnetismo e a eletricidade levou os físicos a acreditar nas proposições inversas: se a corrente elétrica num condutor gera um campo magnético, então

um campo magnético deve gerar uma corrente elétrica. A questão era saber como isso poderia ser feito, o que acabou sendo descoberto por Faraday, em 1831.

Faraday enrolou um núcleo de ferro com duas bobinas A e B e notou que, quando ligava à bobina A numa bateria, passava uma corrente elétrica em B, mas só nesses instantes, depois desaparecia. Faraday percebeu que o fenômeno se devia à variação do campo magnético, que aumentava quando a bobina era ligada, ou diminuía quando a bobina era desligada. E essa variação se manifestava extremamente através de linhas de campo confinadas no anel de ferro.

Faraday fez vários experimentos para que fosse observada a indução eletromagnética. Um desses experimentos foi atravessar um ímã através de uma espira ligada a um galvanômetro. Neste tipo de experimento, a aproximação ou o afastamento do ímã gera na bobina uma corrente elétrica. Essa é a situação fisicamente mais significativa porque mostra com clareza a origem da energia transferida aos portadores de carga. A corrente elétrica tem intensidade proporcional à rapidez com que se processa o movimento de vaivém do ímã, isto é, ela se origina da energia cinética média com que o ímã oscila dentro da bobina. Essa situação mostra ainda o fator determinante na geração da corrente elétrica, ou seja, a variação do fluxo magnético através da espira. Se, em vez de fazer oscilar o ímã com a espira fixa, fizermos à espira oscilar com o ímã fixo, a experiência tem o mesmo resultado.

Se há uma corrente elétrica induzida na espira, há também uma força eletromotriz induzida, pois sem energia os portadores de carga não se movimentam. Essa energia depende da oscilação do ímã ou da espira, causando a variação do fluxo magnético, e da rapidez com que essa variação ocorre. Essas conclusões levaram a Lei de Faraday: A força eletromotriz ( $\varepsilon$ ) induzida numa espira é proporcional à variação do fluxo magnético ( $\Delta\Phi_B$ ) que a atravessa e inversamente proporcional ao intervalo de tempo ( $\Delta t$ ) em que a variação ocorre.

Matematicamente, a Lei de Faraday pode ser expressa na forma:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

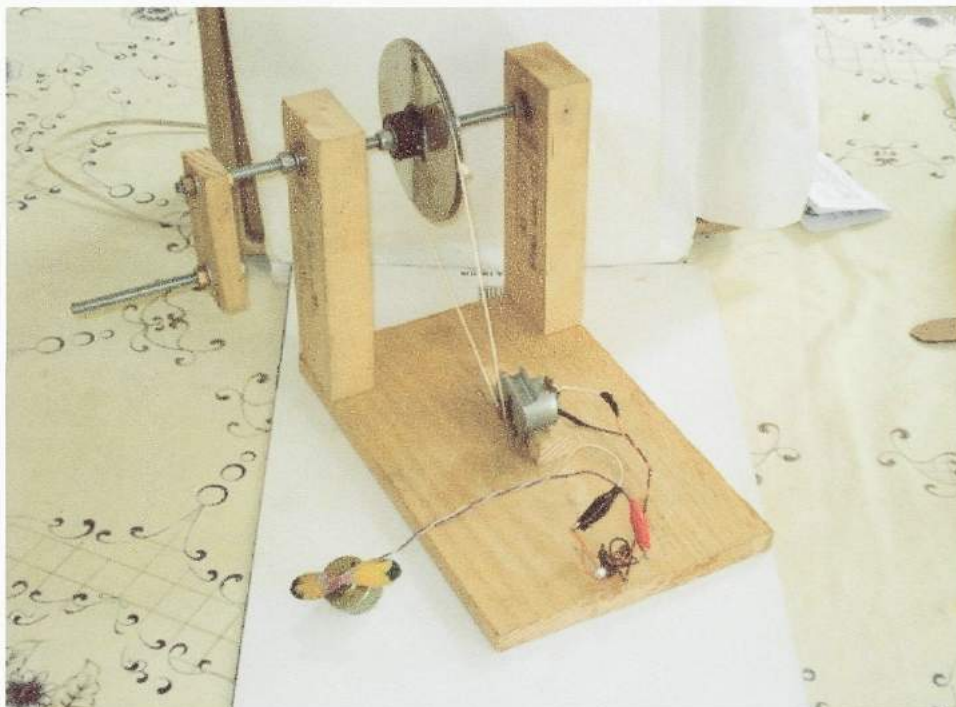
Se, em vez de uma espira, houver N espiras idênticas formando uma bobina plana, o fluxo total será  $N\Phi_B$ , e a Lei de Faraday será expressa na forma:

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

[GASPAR, 2000]

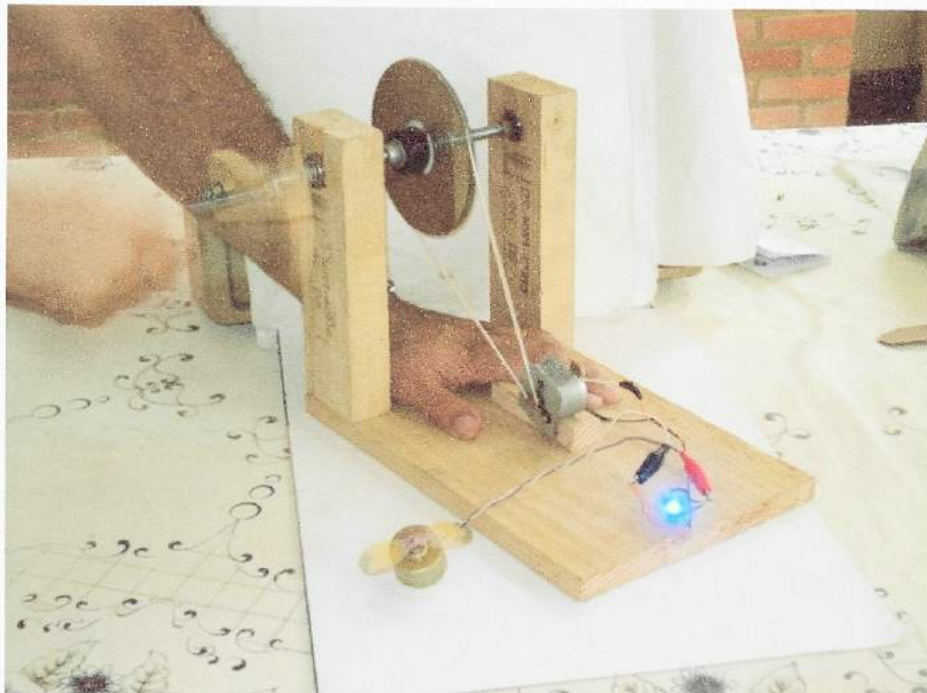
### 5 - 3 - EXPERIMENTO 3 - MOTOR ELÉTRICO

Este experimento descreve a geração de energia elétrica através de um motor elétrico. Podemos observar através da figura abaixo que a montagem deste experimento foi realizada com materiais de baixo custo.



[Figura 19 – Motor Elétrico]

A corrente elétrica pode ser gerada pelo motor elétrico quando giramos a manivela e o diodo acende conforme indica a figura abaixo.



[Figura 20 – Motor Elétrico]

#### 5 - 4 - EXPLICAÇÃO

Através do movimento circular que é aplicada a manivela, a polia maior feita por CDs, transmite a polia menor acoplada ao motor elétrico uma rotação maior e esta faz gerar a corrente elétrica. Se ao invés de girar a manivela colocar uma fonte de energia, irá ocorrer o efeito contrário. Ou seja, ao girar a manivela estamos transformando energia mecânica em energia elétrica, colocando uma fonte de energia estamos transformando energia elétrica em mecânica.

#### 5 - 5 - FUNCIONAMENTO DO MOTOR ELÉTRICO

Com uma construção simples, versátil e de baixo custo, aliado ao fato de utilizar como fonte de alimentação a energia elétrica, o motor elétrico é hoje o meio mais indicado para a transformação de energia elétrica em mecânica.

A rotação inerente aos motores elétricos é à base do funcionamento de muitos eletrodomésticos. Por vezes, esse movimento de rotação é obvio, como nos ventiladores ou batedeiras de bolos, mas freqüentemente

permanece um tanto disfarçado, como nos agitadores das máquinas de lavar roupas ou nos vidros elétricos das janelas de certos automóveis.

[NETTO, 2005]

## **5 - 6 - COTIDIANO**

Hoje em dia, este tipo de motor é o que mais se aproxima da realidade do aluno, pois ele pode encontrar um motor elétrico em vários utensílios que possui em casa. Alguns exemplos de eletrodomésticos que possuem motores elétricos são:

- Liquidificadores, batedeiras, multiprocessadores, entre outros objetos.



## CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO

Por utilizar uma turma de Ensino Jovens e Adultos (EJA) como ponto de partida deste trabalho, observamos que o interesse dos alunos em dar continuidade nos estudos não existe, eles desejam apenas terminar os estudos para almejar um salário melhor em suas profissões. Sendo assim, foi feito um debate em sala de aula, verificando que a turma era composta de pessoas com diferentes profissões, com uma maior predominância de mecânicos.

Dessa forma foi proposto para os alunos um trabalho diferenciado do que é feito normalmente. Utilizando experimentos sobre três tipos de motores que abordam diferentes tópicos da física e assim, foi feita uma interatividade com as diferentes profissões e um questionamento do que era observado por eles antes da teoria ser desenvolvida.

A partir das respostas dadas pelos alunos, apesar de não possuírem conhecimento teórico sobre o assunto, foi feito um planejamento de como seria ministrada a teoria, de forma que fosse associada com o seu dia-a-dia, ou seja, utilizando exemplos que eles usavam em seus trabalhos, casa e no trajeto até escola.

O objetivo era transformar a física em algo interessante e que os conceitos utilizados, fossem postos em prática após o final do curso e que não se tornasse algo a mais que seria esquecido por eles, já que a maioria não estava interessada em dar continuidade nos estudos.

No início, por em prática esse trabalho não foi muito fácil, pois o fato de não observar o que ocorrem ao seu redor é muito grande na população, gerando uma falta de interesse pelo que está sendo ensinado. Porém, conforme iam sendo apresentados os experimentos, relacionado com fatos que poderiam ser encontrados no seu dia-a-dia, o interesse foi aumentando. A interatividade com alunos de diferentes profissões possibilitou realizar um amplo debate sobre o que era apresentado.

Como conclusão final deste trabalho, podemos observar que a partir da montagem dos experimentos sobre suas profissões, o aprendizado dos alunos se torna mais fácil, pois eles podem associar os conceitos físicos com suas habilidades profissionais. Dessa maneira, podemos concluir, que o trabalho

atingiu o seu objetivo, pois fez com que os alunos do EJA, conseguissem assimilar o conhecimento físico em um curto espaço de tempo.

Para trabalhos futuros, podemos sugerir a construção de outros tipos de experimentos que tenham a mesma finalidade dos motores apresentados neste trabalho. Dessa forma é necessário que no primeiro dia de aula, tenhamos idéia das profissões dos alunos facilitando assim a abordagem dos temas em sala de aula.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOTECA Virtual Leite Lopes Disponível em:

<<http://www4.prossiga.br/lopes/prodcien/fisicanaescola/cap20-4.htm>>. Acesso em: 05 jan. 2006.

BRAGA FILHO, Washington. **Alguns Ciclos Termodinâmicos**. Disponível

em: <<http://leblon.mec.puc-rio.br/~wbraga/fentran/termo/ciclos.htm>>. Acesso em: 16 jul. 2007.

BRASIL ESCOLA: Temperatura e Calor. Disponível em:

<<http://www.brasilecola.com/fisica/temperatura-calor.htm>>. Acesso em: 10 jul. 2007.

EXPERIÊNCIA de Oersted Disponível em:

<<http://cantinhodaciencia.no.sapo.pt/experimenta/oersted.htm>>. Acesso em: 07 ago. 2007.

FERRARO, Nicolau Gilberto et al. **Física Ciência e Tecnologia**. v Único. São Paulo: Editora Moderna, 2001.

GASPAR, Alberto. **Física: Ondas, Óptica, Termodinâmica**. 1º Edição São Paulo: Editora Ática, 2000. 2 v.

GASPAR, Alberto. **Física: Eletromagnetismo, Física Moderna**. 1º Edição São Paulo: Editora Ática, 2000. 3 v.

GASPAR, Alberto. **Física: Série Brasil**. v Único. 1º Edição São Paulo: Editora Ática, 2004.

GASPAR, Alberto. **Experiências de Ciências**. São Paulo: Editora Ática, 2003.

GEPEQ - LABORATÓRIO ABERTO DE QUÍMICA – Grupo de Pesquisa em Educação Química – INSTITUTO DE QUÍMICA - USP: A combustão e a energia. Disponível em:

<[http://www.eciencia.usp.br/site\\_2005/exposicao/gepeq/combustao.htm](http://www.eciencia.usp.br/site_2005/exposicao/gepeq/combustao.htm)>.

Acesso em: 17 jul. 2007.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; MERRILL, John. **Mecânica:**

Fundamentos de Física. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1991. 1 v.

**LDB Leis de Diretrizes e Bases**, Brasília, MEC. Disponível em: <[portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf](http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2006.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física**. v Único. 1ª Edição São Paulo: Editora Scipione, 1999.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física:** Coleção de olho no Mundo do Trabalho. v Único. 1ª Edição São Paulo: Scipione, 2005.

MASSA, Luciano. **Dilatação Térmica**. Disponível em:

<<http://br.geocities.com/galileon/2/dilatacao/dilat.htm>>. Acesso em: 18 jul. 2007.

MOTOR a Explosão Disponível em:

<<http://www.adorofisica.com.br/trabalhos/fis/equipes/maquinasavapor/motorexplaoa.htm>>. Acesso em: 13 nov. 2006

MOTOR Elétrico Disponível em:

<[http://pt.wikipedia.org/wiki/Motor\\_el%C3%A9trico](http://pt.wikipedia.org/wiki/Motor_el%C3%A9trico)>. Acesso em: 07 ago. 2007

MOTORES de Combustão: Histórico do Desenvolvimento dos Motores de Combustão Externa. Disponível em:  
<<http://www.motoresdecombustao.eng.br/Textos/HistoricoMCExterna01.htm>>.  
Acesso em: 20 ago. 2006.

MUSSOI, Profº Fernando Luiz Rosa. **Fundamentos de Eletromagnetismo**. Disponível em:  
<[www.cefetsc.edu.br/~mussoi/sistemas\\_digitais/Apostila\\_Eletromagnetismo\\_v32.pdf](http://www.cefetsc.edu.br/~mussoi/sistemas_digitais/Apostila_Eletromagnetismo_v32.pdf) ->. Acesso em: 01 ago. 2007.

NETTO, Luiz Ferraz. **Barquinho pop-pop**. Disponível em:  
<[http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08\\_33.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08_33.asp)>. Acesso em: 09 jul. 2007.

NETTO, Luiz Ferraz. **Barquinho pop-pop**. Disponível em:  
<[http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08\\_33.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08_33.asp)>. Acesso em: 10 mai. 2008.

NETTO, Luiz Ferraz. **Motores Elétricos**. Disponível em:  
<[http://www.feiradeciencias.com.br/sala22/motor\\_teor1.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala22/motor_teor1.asp)>. Acesso em: 10 nov. 2005.

PRIMO, Marcelo. **Fundamentos do Funcionamento de Motores a Combustão**. Disponível em:  
<<http://www.fag.edu.br/professores/marceloprime/Maquinas%20Agricolas/Motores.pdf>>. Acesso em: 04 dez. 2007

RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Os Fundamentos da Física: Termologia - Óptica - Ondas**. 8ª Edição São Paulo: Moderna, 2003. 2 v.

SILVA, Luiz Carlos Marques. **Motor Elétrico**. Disponível em:  
<<http://br.geocities.com/saladefisica7/funcionaria/motoreletrico.htm>>. Acesso em: 15 set. 2005.