

## 1. INTRODUÇÃO

Inventado em 1816 pelo pastor escocês Robert Stirling e seu irmão, o Motor de Stirling é um motor de combustão externa. Seu principal intuito era substituir os motores de vapor, que sempre causou diversos acidentes nas indústrias, já que no início do século XIX os motores a vapor explodiam com muita facilidade. É referido também como "motor de ar quente", por utilizar os gases atmosféricos como fluido de trabalho [1].

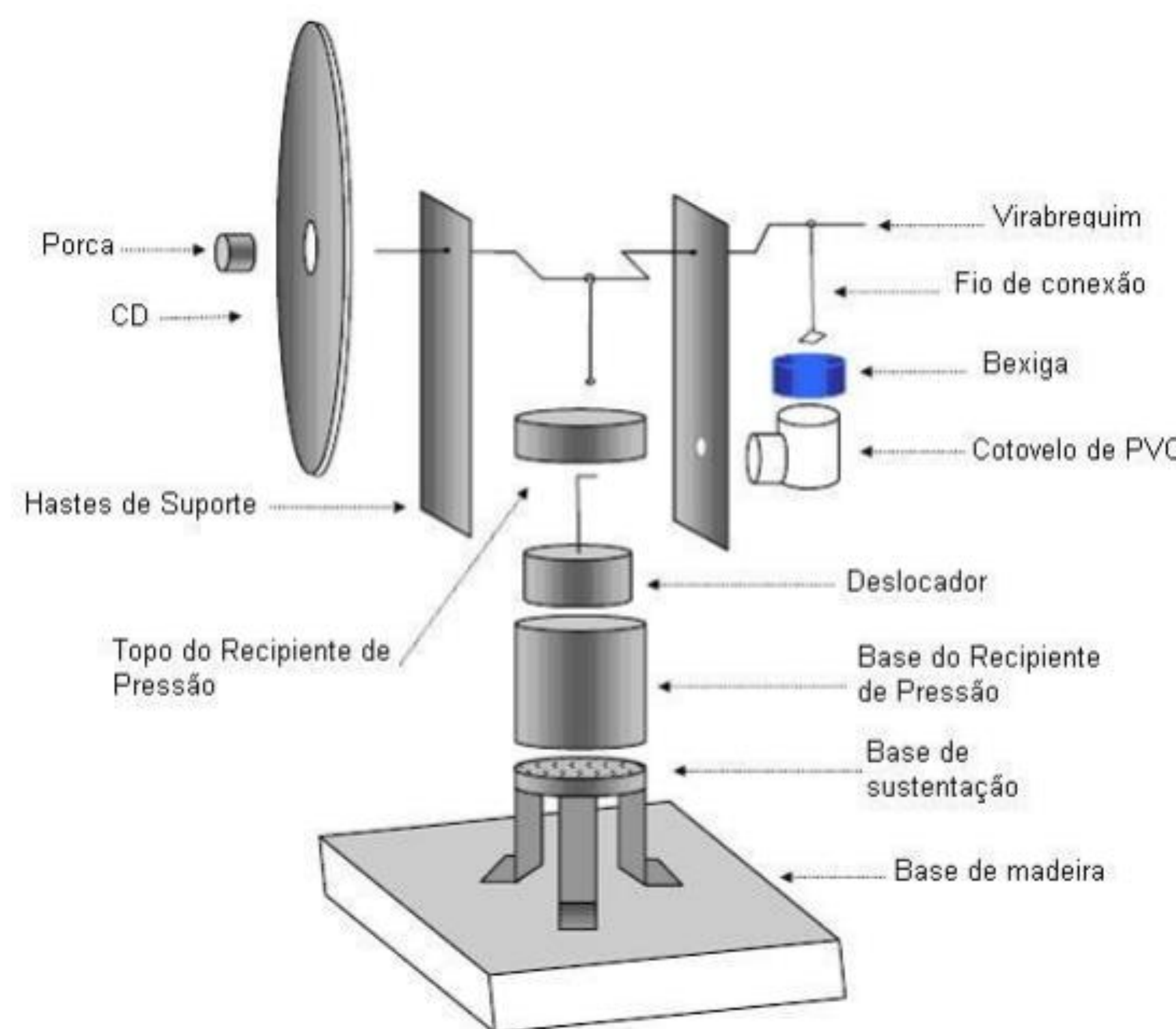
Este tipo de motor funciona como um ciclo termodinâmico composto de 4 fases e executado em 2 tempos do pistão: compressão isotérmica (temperatura constante), aquecimento isovolumétrico (volume constante), expansão isotérmica e resfriamento isovolumétrico. Este é o ciclo idealizado (válido para gases perfeitos), que varia do ciclo real medido por instrumentos. Parecido muito do chamado Ciclo de Carnot, que estabelece o limite teórico máximo de rendimento das máquinas térmicas. Um fato que chama atenção do motor de Stirling é sua simplicidade, pois consiste de duas câmaras em diferentes temperaturas que aquecem e resfriam um gás de forma alternada, provocando expansão e contração cíclicas, o que faz movimentar dois êmbolos ligados a um eixo comum.

Quando aplicado no Ensino de Física o motor torna-se um grande aliado na aproximação da teoria da Termodinâmica com a prática, conceitos que são trabalhados em sala de aula. Neste contexto após construção e funcionamento os alunos conseguirão uma melhor visualização dos processos termodinâmicos presentes no ciclo do motor. Por tratar-se de um projeto de baixo custo o objetivo é facilitar a construção e utilização motivando os discentes em seu processo de aprendizagem.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a construção do Motor Stirling foi feita uma pesquisa na internet, onde encontrou-se diversos modelos interessantes e que utilizavam materiais de fácil acesso e custo reduzido. Utilizamos latas de conserva, raiais de bicicletas, CD's, canos PVC, presilhas, porcas, parafusos, solda, chaves, serrinha e cola. Conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 - Imagem ilustrativa do projeto do motor de Stirling



## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

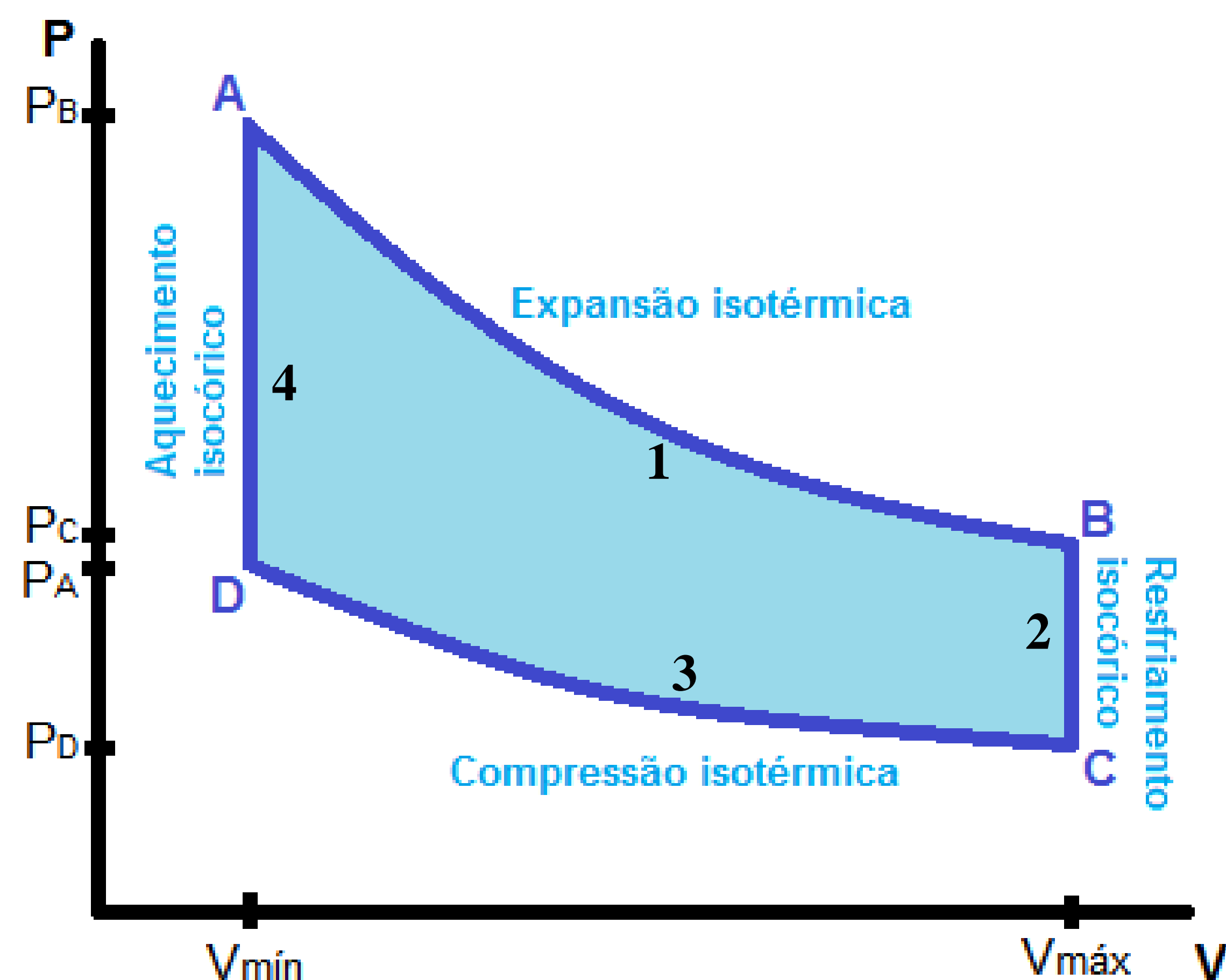
Após obtenção dos materiais foi feita a construção do motor de Stirling conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 – Imagem do Motor concluído



Para a compreensão do ciclo termodinâmico envolvido no motor de Stirling representamos o diagrama P,V com os processos realizados durante o seu funcionamento conforme mostra a figura 3.

Figura 3 - Imagem ilustrativa do ciclo do motor de Stirling.



1. Uma fonte de Calor externa aquece o gás enquanto esse se expande afim de que sua temperatura permaneça constante. Ao fornecer a quantidade de calor  $Q_1$ , o gás se expande do volume  $V_{mín}$  a  $V_{máx}$  isotermicamente, portanto a pressão deve diminuir de acordo com a equação  $PV=NRT$
2. O calor é retirado do gás, o gás se mantém a volume constante e sua pressão diminui. Assim o gás é resfriado da temperatura  $T_B$  para a temperatura  $T_C$  e conseqüentemente reduz sua energia interna, sendo o trabalho realizado  $W=0$
3. O gás é refrigerado enquanto seu volume diminui, voltando ao seu estado inicial colaborando de forma que sua temperatura não aumente. Nesse processo a uma perda de calor  $Q_3$ . Há também uma compressão do volume do gás no cilindro. Além de um aumento da pressão interna de forma isotérmica, fazendo com que seja possível que o ciclo de forme , mantendo assim sua energia interna igual a zero.
4. Para que o ciclo se complete , nessa ultima parte do processo, há um pequeno aumento da temperatura, fazendo com que ela retorne ao seu estado inicial, enquanto o volume se mantém constante, ressaltando que ocorre um aumento da pressão interna do sistema.

### Vantagens e desvantagens do motor de Stirling :

- Os gases usados nunca saem do motor, pois não existem válvulas de escape que liberam gases de alta pressão, o que lhe proporciona maior eficiência.
- Pouco poluente, pois a combustão é contínua.
- Não ocorrem explosão em seu interior, são mais silenciosos.
- Funciona com qualquer fonte de calor, desde que haja uma significativa diferença de temperatura em seu interior.
- Sua maior desvantagem é a dificuldade de iniciar e variar a velocidade de rotação rapidamente, sendo complicado o seu emprego de veículos.
- Pode ser uma tecnologia pouco difundida, os motores de Stirling são mais caros, tanto na aquisição quanto na manutenção

### Aplicações:

Aviações, Submarinos, carros elétricos até mesmo em projetos de energia nuclear.

## 4. CONCLUSÃO

Quando aplicado no Ensino de Física o motor pode torna-se um grande aliado na aproximação da teoria da Termodinâmica com a prática. Desta forma alunos conseguem uma melhor visualização dos processos termodinâmicos e dos conceitos trabalhados em sala de aula por meio da construção e funcionamento do motor. Por tratar-se de um projeto de baixo custo a ideia é a construção em equipes motivando os discentes em seu processo de aprendizagem.

## 5. REFERÊNCIAS

[1] [https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530\\_F590\\_F690\\_F809\\_F895/F809/F809\\_sem1\\_2008/RenatoP-Llagostera\\_RF2.pdf](https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2008/RenatoP-Llagostera_RF2.pdf)

[2]Disponível em: <https://sites.google.com/site/motordestirling/motor-de-stirling/aplicações>, Acesso em 18-out-2018