

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

**UTFPR**  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ



**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA**  
**PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**  
**CAMPUS CAMPO MOURÃO**

**EVERTON MERLIN**

**CORRIDA DE BARQUINHOS A VAPOR NO ENSINO DE**  
**FÍSICA TÉRMICA: UMA PROPOSTA DE EXPERIMENTAÇÃO**

**CAMPUS CAMPO MOURÃO**  
**2022**

**EVERTON MERLIN**

**CORRIDA DE BARQUINHOS A VAPOR NO ENSINO DE FÍSICA TÉRMICA: UMA  
PROPOSTA DE EXPERIMENTAÇÃO**

**Steam boat racing in the teaching of thermal physics: an experimental  
proposal**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física do Programa de Pós-Graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Profa. Dra. Débora Ferreira da Silva  
Coorientador: Prof. Dr. Oscar Rodrigues dos Santos.

**CAMPO MOURÃO**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>4</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>6</b>
<b>3 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>7</b>
<b>4 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO.....</b>	<b>8</b>
<b>5 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>9</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>20</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho, o enfoque principal foi a apresentação da experimentação e da construção de mapas conceituais como possibilidades metodológicas que facilitem o estudo de conceitos da Física Térmica do Ensino Médio, principalmente entropia, temperatura, trabalho e calor. Segundo Anastasiou e Alves (2006, p. 55), “as estratégias por si não resolvem e não alteram magicamente o processo”, mas podem se transformar em instrumentos valiosos nas mãos de docentes comprometidos com o processo de ensino e de aprendizagem numa educação de qualidade.

O quadro que se apresenta hoje em torno do ensino da Física no Ensino Médio não é dos melhores, pois, como afirma Moreira (2018, p. 76):

(...) esse ensino está em crise. A carga horária semanal que chegou a 6 horas-aula por semana, hoje é de 2 ou menos. Aulas de laboratório praticamente não existem. Faltam professores de Física nas escolas e os que existem são obrigados a treinar os alunos para as provas, para as respostas corretas, ao invés de ensinar Física.

É comum os alunos, em sua maioria, afirmarem não gostar da Física e apresentarem muitas dificuldades a ponto de alguns abandonarem a busca por entender os conteúdos ensinados na disciplina, afirmam Bonadiman e Nonenmacher (2007). Entre algumas causas, os autores destacam

(...) a qualidade dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula, a ênfase excessiva na Física clássica e o quase total esquecimento da Física moderna, o enfoque demasiado na chamada Física matemática em detrimento de uma Física mais conceitual, o distanciamento entre o formalismo escolar e o cotidiano dos alunos, a falta de contextualização dos conteúdos desenvolvidos com as questões tecnológicas, a fragmentação dos conteúdos e a forma linear como são desenvolvidos em sala de aula, sem a necessária abertura para as questões interdisciplinares, a pouca valorização da atividade experimental e dos saberes do aluno, a própria visão da ciência, e da Física em particular, geralmente entendida e repassada para o aluno como um produto acabado (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007, p. 196).

Como se pode ver essas causas apresentadas por Bonadiman e Nonenmacher (2007), em sua maioria, são estruturais e fogem do controle do professor, mas outras são específicas e que podem ser resolvidos pelo professor ao pensar em sua ação pedagógica em sala de aula, uma vez que a memorização de equações e conceitos, em geral distantes da realidade dos alunos, se torna o caminho mais fácil para o docente tomar. A tentativa de reversão desse quadro se

apresenta como uma das tarefas mais difíceis no cotidiano escolar para esse professor.

O desafio maior então é a adoção de metodologias que despertem a curiosidade científica dos alunos e que visem à aprendizagem significativa, auxiliando os alunos na reconstrução do conhecimento, na formação de novos conceitos e na compreensão de como poderão melhorar o mundo (GREGIO, 2016). Moreira e Masini (1982, p. 40) dizem que “o problema, pois, da aprendizagem em sala de aula está na utilização de recursos que facilitem a captação da estrutura conceitual do conteúdo e sua integração à estrutura cognitiva do aluno, tornando o material significativo”. Com este problema em mente é que o presente trabalho, com foco na aprendizagem de conceitos da Física Térmica, se desenhou.

Foi na busca pela reconstrução dos conhecimentos e compreensão de novos conceitos que estudiosos da Termodinâmica construíram as bases da engenharia dos materiais, uma vez que a fabricação de novos materiais envolve conceitos como transferência de calor e trabalho para as matérias primas (RODRIGUES, 2011).

A Termodinâmica apresenta diversas aplicações, descrevendo diferentes situações simples ou complexas através do uso de uma pequena quantidade de variáveis, como temperatura, pressão, calor, trabalho, etc., e, estando presente em muitos fenômenos do dia a dia, deu a sustentação para a fabricação do motor de automóveis à panela de pressão (GREGIO, 2016).

Entende-se então que, desde as antigas máquinas a vapor, que foram ferramentas fundamentais para a Revolução Industrial ocorrida na Inglaterra nos meados do século XVIII, os estudos da Termodinâmica possibilitaram a análise das propriedades da matéria, nesse caso, sob situações de pressão e calor (RODRIGUES, 2011).

Como já foi dito, esse conteúdo pode se tornar maçante para o aluno se trabalhado apenas sob a perspectiva da aprendizagem mecânica. Na busca pela aprendizagem significativa, o aluno faz uso de conhecimentos relevantes em sua estrutura cognitiva para conseguir assimilar conceitos novos, como diz Moreira (2011). O contrário se dará se, ao invés de oferecer o ensino desse conteúdo somente pela perspectiva da aprendizagem mecânica, lhe forem apresentadas

metodologias que despertem seu interesse e que o façam se predispor à aprendizagem.

Dessa forma, o presente produto educacional tem como objetivo propor e aplicar uma sequência de ensino que será fundamentada na Aprendizagem Significativa (MOREIRA, 2011) tendo como caminho metodológico a experimentação (construção do barquinho Pop Pop) para desenvolver os conteúdos relacionados à Energia Térmica - compreensão e aplicação dos conceitos de calor, temperatura, energia interna, energia mecânica e trabalho.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

- Propor a construção de um experimento com barquinho a vapor como possibilidade metodológica para a aprendizagem da Física Térmica no Ensino Médio. Para tanto, integra-se a isso a aplicação de mapas conceituais como suporte avaliativo e, logo, validativo do alcance proposto com o experimento.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Proporcionar aos alunos do Ensino Médio a construção de um barquinho a vapor com materiais recicláveis com embasamento no estudo da Física Térmica, com elaboração de hipóteses e testagem das mesmas;
- Aplicar as estratégias metodológicas da construção de mapas conceituais e da experimentação para compreensão e aplicação dos conceitos de calor, temperatura, energia interna, energia mecânica e trabalho;
- Compreender as noções básicas de Termodinâmica;
- Interpretar textos de divulgação científica que tratem da temática das máquinas a vapor como ferramentas para a Revolução Industrial;

- Identificar e analisar aprendizagens significativas por meio das atividades implementadas – mapas conceituais.

### 3 JUSTIFICATIVA

Ensinar Física de forma tradicional não é uma tarefa fácil nos dias atuais, pois é muito cobrado do aluno que este tenha motivação para estudar uma disciplina que eles julgam ser desnecessária.

O conteúdo de Termodinâmica, temática principal deste produto educacional, permeia o nosso cotidiano e é preciso permitir aos alunos perceberem a importância da Termodinâmica na construção da sociedade moderna a partir da invenção das máquinas a vapor, tão importantes para a Revolução Industrial e para o próprio desenvolvimento da humanidade, pois tratar e discutir este tema traz para o espaço de sala de aula do Ensino Médio uma discussão atual, que confronta a ciência do século XVIII até o princípio do século XXI.

Usando a história do surgimento das máquinas a vapor – as primeiras máquinas térmicas – e a experimentação para tratar este tema, esperamos trazer para o segundo ano do Ensino Médio a possibilidade de tratar um tema de Física a partir da apresentação do conteúdo próprio desta série - e conteúdos e conceitos da Termodinâmica.

A experimentação se mostra eficaz na construção de um ambiente facilitador e motivador da aprendizagem. É uma estratégia que apresenta inúmeras situações desafiadoras e, quando bem planejada, contribui de forma substancial para a elaboração de novos conhecimentos e aquisição de novas habilidades e competências no que se refere ao aprendizado da Física (HOFFMANN, 2017).

A construção do barquinho a vapor a partir de materiais recicláveis pode favorecer o despertar do interesse dos alunos nos estudos dos conteúdos da Física Térmica, levando-os a participar melhor das aulas bem como a obterem melhores resultados nas avaliações, além de consolidar conhecimentos por meio da experimentação.

Além do mais, ao adotarmos a história do surgimento das máquinas a vapor e a experimentação, buscamos promover o aluno de um espectador passivo para um ator ativo no processo de construção do próprio conhecimento.

#### 4 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

O trabalho teve como objetivo apresentar uma proposta na forma de sequência de ensino, em que foram explorados conteúdos da Física Térmica – Termodinâmica, procurando desenvolver habilidades e competências tais como (1) identificar a contribuição do calor nos processos envolvidos no funcionamento de máquinas térmicas, possibilitando a realização de trabalho a partir de diferenças de temperatura; (2) compreender que o desenvolvimento das máquinas térmicas foi um dos fatores responsáveis pelo acontecimento da “Revolução Industrial”, que acabou por mudar o modo de produção da época, influenciando toda a sociedade moderna; (3) entender a energia de um corpo como a sua capacidade para realizar trabalho e que essa energia pode se apresentar de diversas formas; (4) compreender o funcionamento de máquinas, aparelhos ou sistemas tecnológicos de uso comum que visem melhorar a qualidade de vida e (5) perceber a energia como algo que se conserva que pode ser armazenada em sistemas, que pode ser transferida de um corpo a outro e transformada de uma forma em outra.

As atividades foram desenvolvidas durante o ano letivo de 2021, no município de Tapejara – PR, em uma turma do 2º ano do Ensino Médio do período matutino do Colégio Estadual Santana de Tapejara – Ensino Médio e Normal. A proposta foi implementada em sete encontros, totalizando 14 aulas, sempre no contra turno escolar da turma escolhida, com participação não obrigatória e trabalho realizado sempre em equipe (duplas).

Também foi proposta a realização de um experimento que consistia basicamente na construção do Barquinho Pop Pop, um mini barco a vapor movido através de uma simples vela que aquece um tubo de alumínio e que, depois de aquecido, faz com que haja uma constante entrada e saída de vapor d’água, movimentando o barquinho.

Para a realização do experimento foram necessários os seguintes materiais: lata de alumínio, isopor fino (como o de bandeja de frios), canudo dobrável (de ponta maleável), vela de aniversário, cola Araldite (cola epóxi multiuso, super resistente para pequenos reparos), pistola de cola quente, estilete, tesoura, caneta permanente, fita crepe, isqueiro, pedaço de tábua ou régua de madeira.



## 5 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

**Esta atividade tem como referencial teórico o ensino embasado na Aprendizagem Significativa e no ensino por investigação, cujo texto de referência segue em anexo**

A sequência de ensino apresentada a seguir foi planejada para alunos do 2º ano do Ensino Médio, pois esses, em sua maioria, afirmam não gostar da Física e apresentam muitas dificuldades a ponto de muitos deles abandonarem a busca por entender os conteúdos ensinados na disciplina. A memorização de equações e conceitos, muitas vezes distantes da realidade dos alunos, se torna o caminho mais fácil para o docente tomar, e a tentativa de reversão desse quadro se apresentam como uma das tarefas mais difíceis no cotidiano escolar para esse professor.

### FICHA TÉCNICA: A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DA TERMODINÂMICA

**Tipo de sequência didática:** Curta, com metodologia de pesquisa e produto final voltados para a aprendizagem significativa.

**Anos sugeridos:** 2º ano

**Duração (aulas previstas):** 12 aulas

**Conteúdos**

- Máquinas a vapor;
- Energia;
- Leis;
- Entropia;
- Calor;
- Volume;
- Trabalho;
- Temperatura.

**Objetivos**

- Compreender as noções básicas de Termodinâmica;
- Interpretar textos de divulgação científica que tratem da temática das máquinas a vapor como ferramentas para a Revolução Industrial;
- Conceituar calor, temperatura, capacidade térmica, energia, trabalho e entropia;
- Entender e descrever a primeira e a segunda leis da Termodinâmica.

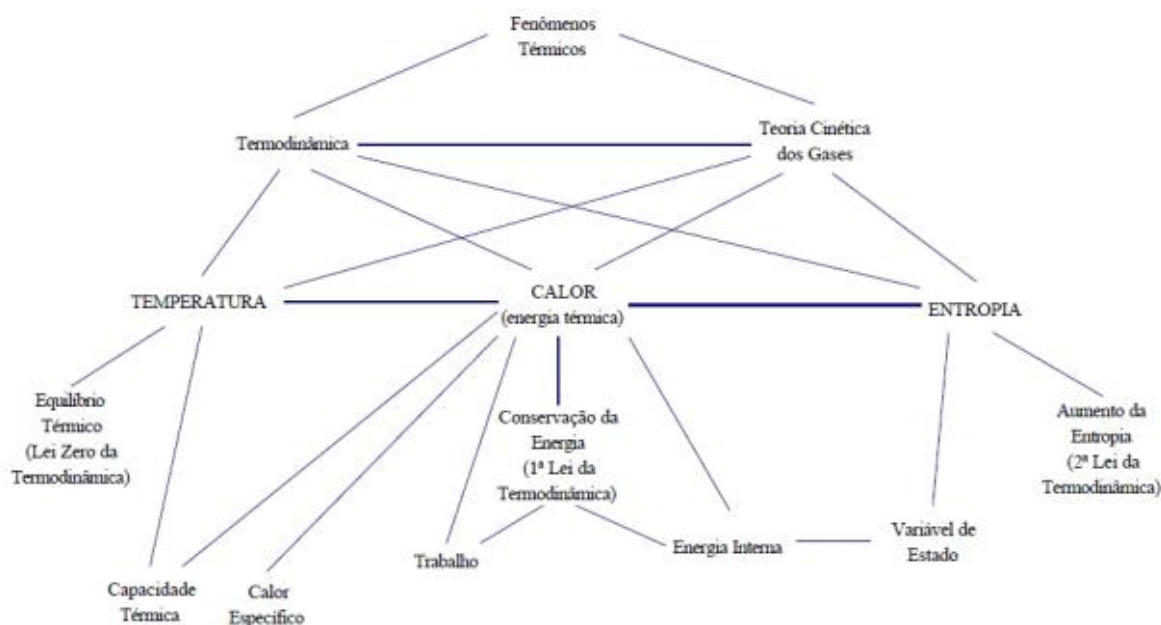
**Produtos finais (avaliação)**

Construção do “barquinho Pop Pop”, caracterizando uma máquina térmica que transforma o calor das chamas da vela em movimento, energia térmica em energia mecânica.

## DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO

### 1º encontro - Apresentação do tema e levantamento dos conhecimentos prévios trazidos pelos alunos.

Como atividade inicial, os alunos são levados a construir um mapa conceitual acerca dos conhecimentos que possuem sobre máquinas térmicas e sua utilização nos dias atuais, como mostra o modelo a seguir.



Fonte: Moreira, 1983.

Antes da construção do mapa conceitual, apresenta-se um questionário investigativo que deve ser respondido pelos alunos.

#### QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO

01- Todo dispositivo que facilita o trabalho do ser humano pode ser considerado uma máquina. Qual dos itens a seguir não é uma máquina?

- a) uma mola
- b) uma alavanca
- c) uma garrafa térmica

d) um carrinho de mão
02- O motor de um automóvel é uma máquina térmica, que funciona obedecendo às leis: a) da mecânica b) de Newton c) da gravidade d) da Termodinâmica
03- Qual é a função da vela de ignição no motor de um automóvel? a) iluminar as partes internas b) produzir faísca elétrica para explodir o combustível c) aumentar a temperatura do motor d) dar a partida no motor
04- O que é uma máquina térmica? a) é uma máquina capaz de medir a temperatura b) é uma máquina que converte calor em trabalho c) é uma máquina que funciona com temperatura constante d) é uma máquina que funciona sem necessitar de combustível
05- A primeira Lei da Termodinâmica diz respeito a: a) dilatação térmica b) conservação da massa c) conservação da quantidade de movimento d) conservação da energia
06- “A energia não pode ser criada nem destruída; pode apenas ser transformada de uma forma em outra, e sua quantidade total permanece constante”. Essa afirmativa é: a) falsa, porque esse enunciado não se aplica às leis da Termodinâmica b) verdadeira, pois se refere à primeira lei da Termodinâmica c) verdadeira, pois se refere à segunda lei da Termodinâmica d) falsa, porque essas características não podem ocorrer
07- O rendimento de uma máquina térmica está diretamente ligado a: a) pressão e volume b) questões climáticas c) potência e força d) fonte quente e fonte fria
08- A segunda Lei da Termodinâmica é compreendida como: a) uma máquina térmica possui rendimento de 100% b) a energia total de um sistema isolado é constante c) é impossível que, espontaneamente, o calor flua de uma fonte fria para uma fonte quente d) não sei responder
09- Após a explosão do combustível no interior do motor, parte da energia deste é transformada em outro tipo de energia. Que tipo de energia é essa:

- a) gravitacional
- b) elétrica
- c) mecânica
- d) Sonora

10- Você percebe alguma relação entre a Termodinâmica e o seu cotidiano?

- a) sim
- b) não
- c) um pouco
- d) muito

Em que lugar ou momento?

---

## **2º encontro - Construção de um mapa conceitual com os conhecimentos trazidos pelos alunos e posterior aprofundamento sobre o tema.**

Neste segundo encontro, o professor e os alunos, divididos em duplas, passam para a construção do mapa conceitual acerca dos conceitos apresentados no questionário.

A partir das respostas dadas pelos alunos e logo após a construção dos mapas, o professor forma um círculo com os alunos na sala, para discussão destes e para o mesmo fazer anotações das primeiras impressões sobre os conceitos que os alunos conhecem sobre o conteúdo que vai ser estudado.

Em seguida, é apresentado aos alunos um texto trazendo informações sobre a Revolução Industrial e a influência da máquina a vapor.

### **A Influência da Máquina a Vapor na Primeira Revolução Industrial**

Máquina a vapor é o nome dado a qualquer motor que funcione pela transformação de energia térmica em energia mecânica através da expansão do vapor de água. Desenvolvida no século XVIII, sua tecnologia continuou a ser utilizada e aperfeiçoada até o início do século XX.

O matemático e engenheiro greco-egípcio, Hierão de Alexandria, no século I a.C., criou a primeira máquina a vapor, a eolípila, também chamada de “bola de vento”. No final do século XVII, Denis Papin e Thomas Savery desenvolvem os primeiros motores a vapor de uso prático e de interesse industrial.

Em 1712, Thomas Newcomen criou o chamado “motor de Newcomen”. O motor foi o primeiro tipo a vapor a ser amplamente usado.

Em 1769, James Watt, um fabricante de instrumentos londrino, aperfeiçoou a máquina de Newcomen, inventou um motor a vapor com menores problemas de perda de energia em relação ao motor de Newcomen, que gastava muito tempo por ter o aquecimento tanto do vapor quanto do combustível em um mesmo cilindro.



Hierão de Alexandria.  
Fonte: www. wikipedia.org.br



Eolípila de Hierão de Alexandria.  
Fonte: www. wikipedia.org.br

Uma das primeiras utilizações da máquina a vapor foi para fabricação de tecidos. Graças a essas máquinas, a produção de mercadorias aumentou muito e o lucro dos donos das fábricas também. As fábricas se espalharam rapidamente e provocaram mudanças profundas no modo de vida e na mentalidade de milhões de pessoas. Os historiadores chamam esse período de Primeira Revolução Industrial.

No início do século XIX, a máquina a vapor passou a ser usada nos meios de transporte. O primeiro barco a vapor surgiu em 1807. Na Inglaterra, em 1825, o engenheiro George Estephenon construiu a primeira estrada de ferro. O barco a vapor e as estradas de ferro diminuiram o tempo das viagens.

Além disso, o custo dos transportes baixo aumentou ainda mais o volume das trocas, isto é, o mercado. O aumento das trocas fez com que fosse necessário produzir mais, e, assim, os avanços da industrialização tornaram-se cada vez maiores.

Fonte: QG do Enem, 2016.

Atenção: A intenção das atividades acima é apenas promover a participação dos alunos e despertar a curiosidade dos mesmos pelo tema.

Nesta atividade objetivou-se fazer um recorte interdisciplinar com a disciplina de História, mais especificamente com os conteúdos relacionados à Revolução Industrial.

O texto é lido e discutido e, logo após, são realizadas algumas comparações com o que for discutido e com as respostas dadas no questionário e apresentadas em forma de mapa conceitual para prováveis acréscimos ou mudanças.

### **3º encontro – Apresentação e discussão dos conceitos relacionados aos conteúdos da Física Térmica por meio de PowerPoint**

Neste momento, é apresentado um PowerPoint com o título **Conceito de Temperatura e Calor** (em anexo) para a introdução e discussão dos conceitos: termologia, temperatura, equilíbrio térmico, calor, teoria do calórico, condução térmica, condutores e isolantes térmicos, convecção e irradiação térmica, máquinas térmicas de Savery, Newcomen e Watt, entropia, rendimento de uma máquina térmica e sua equação.

Logo a seguir, é dada a lista de exercícios abaixo para fixação dos conceitos:

**1. (CFTMG) Ao se colocar gelo em um copo com água, verifica-se que a água resfria. Esse fenômeno é explicado pelo fato do (a)**

- a) gelo liberar calor para água.
- b) gelo ceder energia para água.
- c) água ceder calor para o gelo.
- d) água absorver energia do gelo.

**2. (CFTMG 2014) No senso comum, as grandezas físicas calor e temperatura geralmente são interpretadas de forma equivocada. Diante disso, a linguagem científica está corretamente empregada em**

- a) “Hoje, o dia está fazendo calor”.
- b) “O calor está fluindo do fogo para a panela”.
- c) “A temperatura está alta, por isso estou com muito calor”.
- d) “O gelo está transmitindo temperatura para água no copo”.

**3. Assinale a alternativa que define de forma correta o que é temperatura:**

- (a) É a energia que se transmite de um corpo a outro em virtude de uma diferença de temperatura.
- (b) Uma grandeza associada ao grau de agitação das partículas que compõe um corpo,

quanto mais agitadas as partículas de um corpo, menor será sua temperatura.

(c) Energia térmica em trânsito.

(d) É uma forma de calor.

(e) Uma grandeza associada ao grau de agitação das partículas que compõe um corpo, quanto mais agitadas as partículas de um corpo, maior será sua temperatura.

**4. (FUVEST - SP): Têm-se dois corpos, com a mesma quantidade de água, um aluminizado A e outro negro N, que ficam expostos ao sol durante uma hora. Sendo inicialmente as temperaturas iguais, é mais provável que ocorra o seguinte:**

(a) Ao fim de uma hora não se pode dizer qual temperatura é maior.

(b) As temperaturas são sempre iguais em qualquer instante.

(c) Após uma hora a temperatura de N é maior que a de A.

(d) De início a temperatura de A decresce (devido à reflexão) e a de N aumenta.

(e) As temperaturas de N e de A decrescem (devido à evaporação) e depois crescem.

**5. Ao colocar bebidas quentes em copos de alumínio, qualquer pessoa sentirá desconforto em segurar o copo e beber o líquido. Isso ocorre porque:**

a) por mais que seja um isolante térmico, o alumínio possui baixo calor específico e facilmente sofre variações de temperatura.

b) o alumínio possui alto calor específico e facilmente sofre variações de temperatura.

c) o alumínio é um ótimo condutor térmico de baixo calor específico.

d) o alumínio possui baixo calor específico e, por isso, facilmente sofre variações de temperaturas.

e) o alumínio, tipo de material ferromagnético, possui baixo calor específico e, por isso, facilmente sofre variações de temperaturas.

Para finalizar o terceiro encontro, é passada aos alunos a lista de materiais necessários para a construção do barquinho, a ser realizada no quarto encontro.

**4° e 5° encontros – Início da construção e finalização do experimento (barquinho Pop Pop) com os estudantes.**

No quarto encontro é apresentado o vídeo do barquinho Pop Pop com o intuito de mostrar o passo a passo da construção do barquinho, que os alunos realizarão em duplas.

Os alunos iniciam a construção do barquinho no quarto encontro e a finalizam no quinto encontro.

### Roteiro da construção do barquinho Pop Pop em 5 passos

**Primeiro Passo** – separe os materiais necessários: uma lata de alumínio em perfeito estado; isopor; canudos que entortam a ponta; velas pequenas (como as de aniversário); cola quente; cola Araldite; tesoura; canetas; fita crepe; isqueiro; palitos de dente; modelo em papel cartão.

**Segundo Passo** – faça o ajuste da lata de alumínio: primeiro corte a parte superior da latinha de alumínio com o auxílio do estilete e da tesoura. Em seguida, corte em linha reta até a base da latinha e repita o processo até se obter uma placa de alumínio abrindo a latinha na lateral. Depois dobre o alumínio e prenda as pontas com fita seguindo o modelo disponibilizado. Cole o molde sobre o alumínio sendo fixo por fita crepe embaixo. Feito os devidos cortes, dobre o alumínio da parte indicada no molde.

**Terceiro Passo** – fixe os canudos: com a parte que sobrou do ajuste no tamanho da latinha, use-o para colocar os canudos dentro. Cole todas as partes que estiverem abertas entre as pontas do alumínio, para que apenas o canudo esteja para fora. Corte os canudos até ficarem com 4 cm. Recorte o molde e prenda aos canudos, fazendo com se encaixem, conforme mostra a figura a seguir.



Fonte: <https://www.instructables.com/Como-construir-um-barquinho-pop-pop/>, 2023.



**Quarto Passo** – monte o barquinho: recorte o molde e coloque em cima do isopor. Iguale os dois com a tesoura. Pegue os canudos com o alumínio, já secos, e insira no furo feito no barquinho, certificando-se que os canudos fiquem fixos no isopor.

**Quinto Passo** – finalize o barquinho: corte a vela de aniversário de um tamanho que fique próximo ao alumínio quando preso na base e fixe a vela com a cola quente. Quando estiver tudo seco, basta colocar o barquinho na água e acender a vela.

Também no quinto encontro é dada uma nova lista de exercícios para que os alunos resolvam (a lista está disponibilizada abaixo).

**Questão 1**

Um cilindro com êmbolo móvel contém um gás à pressão de  $4,0 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$ . Quando é fornecido 6 kJ de calor ao sistema, à pressão constante, o volume do gás sofre expansão de  $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3$ . Determine o trabalho realizado e a variação da energia interna nessa situação.

Para resolver esta questão seguir os passos:

**Resposta correta:** o trabalho realizado é de 4000 J e a variação da energia interna é de 2000 J.

**Dados:**

$$P = 4,0 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$$

$$Q = 6 \text{ KJ ou } 6000 \text{ J}$$

$$\Delta V = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ m}^3$$

$$T = ? \quad \Delta U = ?$$

1ª Etapa: Calcular o trabalho com os dados do problema.

$$T = P \cdot \Delta V$$

$$T = 4,0 \cdot 10^4 \cdot 1,0 \cdot 10^{-1}$$

$$T = 4000 \text{ J}$$

2ª Etapa: Calcular a variação da energia interna com o novo dado.

$$Q = T + \Delta U$$

$$\Delta U = Q - T$$

$$\Delta U = 6000 - 4000$$

$$\Delta U = 2000 \text{ J}$$

Portanto, o trabalho realizado é de 4000 J e a variação da energia interna é de 2000 J.

### 1.1.1 Questão 2

(Adaptado do ENEM 2011) Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso quer dizer que há vazamento da energia em outra forma.

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes da:

- a) liberação de calor dentro de o motor ser impossível.
- b) realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.
- c) conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
- d) transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
- e) utilização de energia potencial de o combustível ser incontrolável.

**Alternativa correta:** c) conversão integral de calor em trabalho ser impossível.

A atividade acima tem como intuito observar se aluno entendeu que o calor não pode ser totalmente convertido em trabalho. Durante o funcionamento do motor, parte da energia térmica se dissipa, sendo transferida para o meio externo.

## 6º encontro - Competição com os barquinhos construídos pelos estudantes (corrida de barquinhos).

Neste encontro os alunos realizam a corrida de barquinhos. Para a realização da corrida, utiliza-se uma piscina plástica na qual os alunos procedem à execução da corrida.

O sexto encontro tem duração de duas aulas. Na primeira delas, os alunos realizam a corrida e, na segunda, iniciam a construção de um novo mapa conceitual, de forma coletiva, após todo o trabalho realizado.

## **7º encontro - Término e comparação dos mapas conceituais e avaliação da atividade.**

Para a avaliação da atividade é realizada uma roda de conversa, voltada para a construção e a corrida de barquinhos. Durante a conversa deve-se observar se os alunos conseguiram compreender, a partir da construção do barquinho, a caracterização de uma máquina térmica, isto é, se eles foram capazes de entender que houve transformação do calor das chamas da vela em movimento, energia térmica em energia mecânica, chegando às seguintes conclusões:

- ✓ o barquinho se move porque há pequenas gotas de água no interior do compartimento de alumínio;
- ✓ quando essas gotas esquentam, se transformam em vapor e “expulsam” a água que está nos canudinhos, criando uma espécie de jato;
- ✓ quando o vapor está prestes a sair, o contato com a água gelada faz com que ele esfrie e se transforme em líquido novamente;
- ✓ com a diminuição de temperatura, diminui também a pressão dentro do compartimento de alumínio, fazendo com que a água volte para lá;
- ✓ desta forma, a água esquenta novamente, e assim o ciclo recomeça.

Estas aulas têm como objetivo o reconhecimento e aplicação do conceito de trabalho nos sistemas que contenham gases; a compreensão da relação entre as grandezas calor, trabalho e variação de energia interna como princípio de conservação de energia e a compreensão da primeira e da segunda lei da Termodinâmica como uma expressão do princípio da conservação de energia. Além disso, também se objetiva a construção de mapas conceituais para levantamento dos conhecimentos dos alunos a partir do que havia sido estudado.

## REFERÊNCIAS

A INFLUÊNCIA DA MÁQUINA A VAPOR NA PRIMEIRA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL. **QG do Enem**, 2016. Disponível em: <https://blog.enem.com.br/a-influencia-da-maquina-a-vapor-na-primeira-revolucao-industrial/>. Acesso em: 20 jan./2021.

ANASTASIOU, Lea das Graças Camargos; ALVES, Leonir Pessate (orgs.). **Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em sala de aula**. 6. Ed. – Joinville, SC: UNIVILLE, 2006.

BONADIMAN, Helio; NONENMACHER, Sandra Elizabet Bazana. O gostar e o aprender no ensino de Física: uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 194-223, 2007.

GREGIO, Nivaldo de Oliveira. **Termodinâmica, um tutorial para entendimento do conceito de entropia**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2016.

HOFFMANN, Jairo Luiz. **O panorama de uso da experimentação no ensino da física em municípios da região oeste do Paraná: uma análise dos desafios e das possibilidades**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2017. Disponível em: [http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/dissertacoes\\_teses/dissertacao\\_jairo\\_luiz\\_hoffmann.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/dissertacoes_teses/dissertacao_jairo_luiz_hoffmann.pdf). Acesso em: fev./2022.

MANUAL DO MUNDO. **Como fazer um barco a vapor (barquinho Pop Pop)**. 2012. Disponível em: <http://manual-do-mundo5.blogspot.com/2012/05/como-fazer-um-barco-vapor-barquinho-pop.html>. Acesso em: fev./2022.

MOREIRA, Marco Antonio. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física: a teoria de Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983.

\_\_\_\_\_. **Aprendizagem Significativa: Um conceito subjacente**. Aprendizagem Significativa em Revista. V1(3), pp. 25-46, 2011. Disponível em: [https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/pe\\_Goulart/Material\\_de\\_Apoio/Referencial%20Teorico%20-%20Artigos/Aprendizagem%20Significativa.pdf](https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/pe_Goulart/Material_de_Apoio/Referencial%20Teorico%20-%20Artigos/Aprendizagem%20Significativa.pdf). Acesso em: jan./2021.

\_\_\_\_\_. Uma análise crítica do ensino de Física. **Ensino de Ciências**. Estud. av. 32 (94). Sep-Dec, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/3JTLwqQNsfWPqr6hjzyLQzs/?lang=pt>. Acesso em: fev./2022.

MOREIRA, Marcos Antônio.; MASINI, Elsie Fortes Salzano. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. 2. ed. São Paulo: Editora Moraes LTDA, 1982.

RODRIGUES, Davi Cabral. **Termodinâmica**. Vitória - UFES, Departamento de Física, 2011.

**ANEXO – Fotos das lâminas de Power Point utilizadas no Produto Educacional**

## Aplicação do Produto Educacional – Mestrado Profissional em Ensino de Física

### CONCEITO DE TEMPERATURA E CALOR

Everton Merlin



MINISTÉRIO DA  
EDUCAÇÃO



### TERMOLOGIA

É a parte da física que estuda os fenômenos relativos ao aquecimento, ao resfriamento ou às mudanças de estado físico em corpos que recebem ou cedem energia. Temperatura e Calor são objetos de estudo da Termologia.

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



MINISTÉRIO DA  
EDUCAÇÃO



## TEMPERATURA

Temperatura é a grandeza física associada ao estado de movimento ou à agitação das partículas que compõem os corpos (1).

Moléculas muito agitadas = Temperatura alta.

Moléculas pouco agitadas = Temperatura baixa.

## EQUILÍBRIO TÉRMICO

Todos os corpos, sempre que possível, tendem a ir espontaneamente para o mesmo estado térmico.

Portanto:

“Dois ou mais sistemas físicos estão em equilíbrio térmico entre si quando suas temperaturas são iguais”.





Imagem: SEE-PE, rediseenhado a partir da imagem de Autor Desconhecido.

As partículas da água “quente” fornecem parte de sua energia de agitação para as partículas da água “fria” e vice-versa. A troca de energia só é interrompida quando o equilíbrio térmico é atingido.

## CALOR

Calor é a transferência de energia de um objeto ou sistema para outro, em razão, exclusivamente, da diferença de temperatura entre eles.

## TEORIA DO CALOR COMO SUBSTÂNCIA (CALÓRICO)

No século XVIII, o calor era considerado uma espécie de substância invisível ou um tipo de fluido.

Segundo essa teoria, a substância “calor” ou “calórico” apresentava características especiais:

- penetrava facilmente na matéria;
- era atraída pela matéria;
- não podia ser criada nem destruída;
- não possuía massa.

A teoria do calórico se tornou obsoleta, quando não conseguiu explicar o aquecimento provocado por atrito entre dois objetos, como um esfregar de mãos , por exemplo.



Imagem: Lubyanka / Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.

## AS UNIDADES DE MEDIDA DO CALOR

A unidade oficial de calor no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o Joule (J).

No entanto, na resolução de problemas de troca de calor, dá-se preferência, por razões históricas, à unidade caloria (cal).

## PROCESSOS DE PROPAGAÇÃO DO CALOR

A mudança da energia térmica da região de maior temperatura para a de menor temperatura pode ser processada de três maneiras distintas:

- ✓ condução;
- ✓ convecção;
- ✓ Irradiação.



## CONDUÇÃO TÉRMICA

É o processo de propagação de calor, no qual a energia térmica passa de partícula para partícula em um meio.



Condução de calor através de uma barra de metal.

Imagem: Clive M. Countryman / Forest Service  
- United States Department of Agriculture / U.S.  
Public Domain.

MAESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

UTFPR  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MINISTÉRIO DA  
EDUCAÇÃO

PÁTRIA AMADA  
BRASIL  
GOVERNO FEDERAL

## CONDUTORES E ISOLANTES TÉRMICOS

Condutores térmicos são materiais nos quais o processo de condução do calor é acentuado.

Exemplo: os metais.



Imagem: granger / Creative  
Commons Attribution 2.0  
Generic.

MAESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

UTFPR  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MINISTÉRIO DA  
EDUCAÇÃO

PÁTRIA AMADA  
BRASIL  
GOVERNO FEDERAL

**Isolantes térmicos são materiais nos quais ocorre pouca ou nenhuma transmissão de calor.**

**Exemplos: madeira e isopor.**



Imagem: przykuta / Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.



Imagem: Eurhilmia / Creative Commons Attribution-Share Alike 2.0 Unported.

## CONVECÇÃO TÉRMICA

É o processo de propagação de calor, no qual a energia térmica se propaga pela movimentação de massas líquidas ou gasosas, que alteram suas posições no meio devido à diferença de densidade.

A transferência de energia por convecção, só ocorre em materiais fluidos (líquidos ou gases).

É um fenômeno cíclico, no qual formam-se correntes de convecção, ou seja, o fluido (ar ou água) mais quente tende a subir e o mais frio tende a descer.

A refrigeração dos alimentos em refrigeradores domésticos, assim como o aquecimento da água em uma chaleira acontecem por correntes de convecção.



Imagem: SEE-PE, redesenhado a partir da imagem de Autor Desconhecido.

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

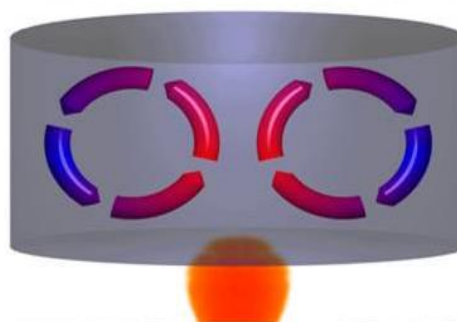


Imagem: Oni Luma / GNU Free Documentation License



## IRRADIAÇÃO TÉRMICA

É o processo de propagação de calor em que a energia térmica se propaga sob a forma de ondas eletromagnéticas.

A energia chega até o indivíduo, por um tipo de radiação que se propaga tanto na matéria, como no vácuo.

A energia do Sol, que viaja no vácuo e aquece o nosso planeta, é transmitida por irradiação térmica.

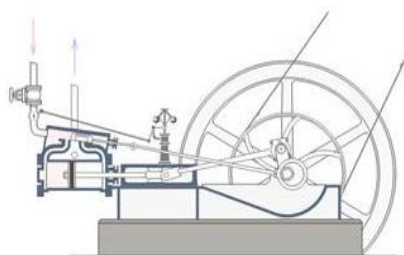


## AS MÁQUINAS TÉRMICAS

Imagem: Nicolai Pérez /  
GNU Free Documentation  
License.



Imagem: Panther / GNU  
Free Documentation  
License.



**MÁQUINAS TÉRMICAS** são máquinas capazes de realizar um trabalho através da transferência de calor entre duas fontes: uma quente e outra fria. Através de ciclos, parte do calor retirado da fonte quente é transformado em trabalho e outra parte é transferido para a fonte fria.

UTFPR

MINISTÉRIO DA  
EDUCAÇÃO

PÁTRIA AMADA  
BRASIL

## A importância da Revolução Industrial para o desenvolvimento da Termodinâmica

A REVOLUÇÃO INDUSTRIAL teve início no século XVIII, na Inglaterra, com a mecanização dos sistemas de produção. Enquanto na Idade Média o artesanato era a forma de produzir mais utilizada, na Idade Moderna tudo mudou. A burguesia industrial, ávida por maiores lucros, menores custos e produção acelerada, buscou alternativas para melhorar a produção de mercadorias. Também podemos apontar o crescimento populacional, que trouxe maior demanda de produtos e mercadorias.

Com a Revolução Industrial, as máquinas substituíram várias ferramentas e eliminaram algumas funções antes exercidas pelos operários. Nessa época, as máquinas térmicas mais utilizadas foram trens, navios e os primeiros automóveis. Somente no século XVIII vieram a ser construídas as primeiras máquinas térmicas capazes de realizar trabalho em escala industrial.

UTFPR

MINISTÉRIO DA  
EDUCAÇÃO

PÁTRIA AMADA  
BRASIL

Fonte: <http://gptsunara2m2.wordpress.com/maquinas-termicas-e-a-revolucao-industrial/>



## A máquina de Savery

Nascido por volta de 1650, na região de Devon, sudoeste da Inglaterra, Thomas Savery foi o primeiro a produzir um equipamento de uso prático para elevar água utilizando vapor. É referido como Capitão Savery, mas não se sabe exatamente o porquê desta designação, visto que não se tem conhecimento de uma nomeação oficial.

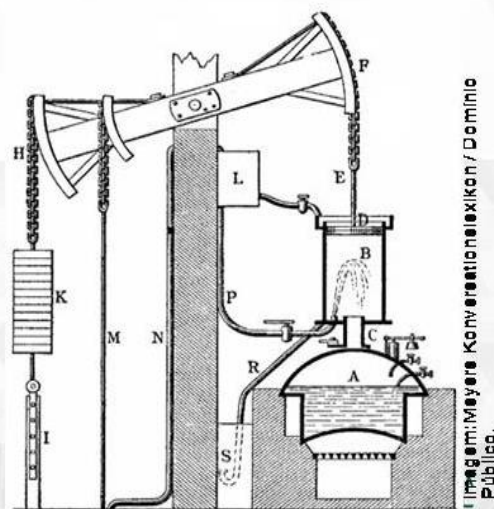
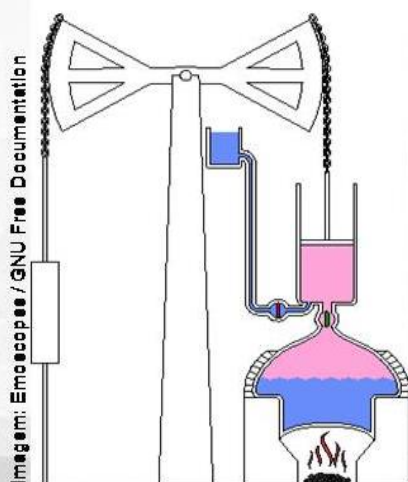
A máquina de Thomas Savery apresentava sérios problemas em relação ao seu projeto e ao seu funcionamento. Um desses problemas era o seu baixíssimo rendimento, uma vez que boa parte da energia era perdida quando havia enorme perda de calor na troca entre vapor e água. Além disso, a máquina necessitava de muita pressão de vapor, o que aumentava a temperatura e consequentes acidentes graves (PASCOAL, 2016).

## A máquina a vapor de Thomas Newcomen

Thomas Newcomen, ao melhorar o sistema da máquina a vapor produzida anteriormente por Savery, elaborou um sistema composto por um cilindro e um pistão móvel que se destacava pela diversificação de uso, fazendo mais do que bombear água nas minas, pois elevava pesos e gerava movimento através do vapor de água, destaca Pascoal (2016).

O motor de Newcomen consistia de uma caldeira, situada diretamente abaixo do cilindro e, diferente da máquina de Savery, ao construir cilindros polidos, os pistões (êmbolos) se ajustavam.

## A máquina a vapor de Newcomen



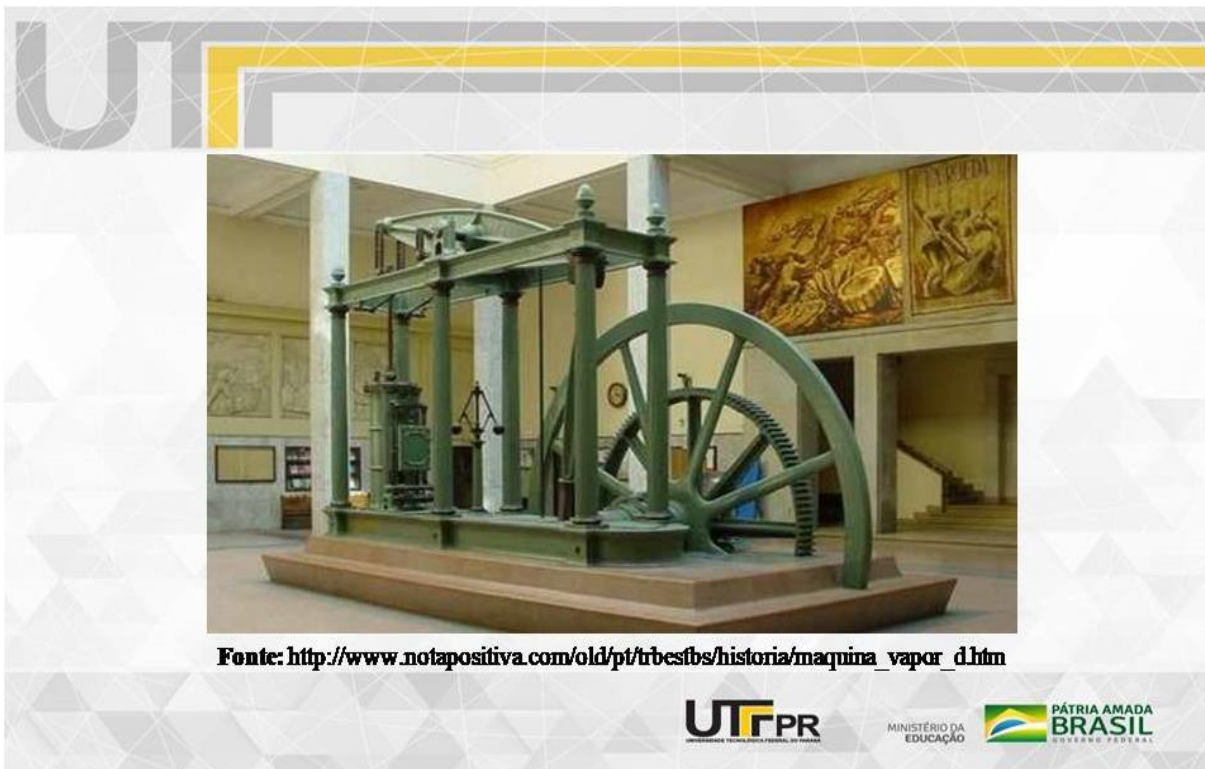
## A máquina a vapor de James Watt

James Watt foi um matemático e engenheiro escocês que se interessou pela tecnologia dos motores a vapor, realizando melhorias no modelo da máquina de Newcomen, que não funcionou de forma satisfatória.

O interesse e a descoberta de Watt estavam na importância do calor latente para o funcionamento da máquina. Ele também construiu um modelo igual ao de Newcomen que também apresentava os mesmos problemas.

Watt adicionou um segundo cilindro onde ocorreria a condensação do vapor, ou seja, separou o condensador do cilindro principal, e essa pequena modificação aumentou em cinco vezes a eficiência da máquina, além de reduzir o seu consumo.





Fonte: [http://www.notapositiva.com/old/pt/trbesfbs/historia/maquina\\_vapor\\_d.htm](http://www.notapositiva.com/old/pt/trbesfbs/historia/maquina_vapor_d.htm)

UTFPR

MINISTÉRIO DA  
EDUCAÇÃO

PÁTRIA AMADA  
BRASIL  
GOVERNO FEDERAL

A glass of water with several ice cubes is shown. The ice is melting, and the water level is rising. The background is a warm, golden-brown color.

Imagem: Myeld / Domínio Público.

ENTROPIA é a medida de quanto um sistema se desorganiza. Para processos reversíveis ela permanece constante enquanto que nos irreversíveis ela aumenta. Dessa forma os sistemas tendem a degradar energia naturalmente. Nas transformações irreversíveis a ENTROPIA é a medida da parte da energia que não é convertida em trabalho.

### TRANSFORMAÇÕES REVERSÍVEIS E IRREVERSÍVEIS

Chamamos de **TRANSFORMAÇÕES REVERSÍVEIS** aquela que após o seu final o sistema retorna às suas condições iniciais pelo mesmo caminho, passando pelos mesmos estágios na sequência inversa sem a interferência de fatores externos. Já nas **TRANSFORMAÇÕES IRREVERSÍVEIS** isso não ocorre.

UTFPR

MINISTÉRIO DA  
EDUCAÇÃO

PÁTRIA AMADA  
BRASIL  
GOVERNO FEDERAL

## RENDIMENTO DE UMA MÁQUINA TÉRMICA ( $\eta$ )

O Rendimento de qualquer sistema é sempre representado pela relação entre a quantidade útil da grandeza e a quantidade total. Assim também acontece com as máquinas térmicas. Dessa forma, a quantidade útil se refere ao trabalho realizado e a quantidade total refere-se à quantidade de calor retirada da fonte quente.

$$\eta = \frac{\tau}{Q_q} \quad \longrightarrow \quad \eta = \frac{Q_q - Q_f}{Q_q} \quad \longrightarrow \quad \eta = 1 - \frac{Q_f}{Q_q}$$

Observe que a máquina ideal deveria ter rendimento de 100% ( $\eta=1$ ). Para que isso acontecesse seria necessário que a quantidade de calor rejeitado para a fonte fria fosse zero. Como mostrou Carnot, isso é impossível. Na prática, os valores do rendimento são baixos, por exemplo, em motores a gasolina (entre 21% e 25%).

## Referencias Bibliográficas

ARTUSO, Alysson Ramos. *Física para o Ensino Médio*. V. 2. Curitiba: Positivo, 2013.

GREGIO, Nivaldo de Oliveira. *Termodinâmica, um tutorial para entendimento do conceito de entropia*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos: UFSCar, 2016.

HALLIDAY, David. *Fundamentos de física: gravitação, ondas e termodinâmica*. Volume 2, Rio de Janeiro: LTC, 2013.

HEWITT, Paul A. *Física Conceitual* [recurso eletrônico]. 12 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

MANTOUX, Paul. *A Revolução Industrial*. São Paulo: Editora Hucitec, 2ª edição, 1927.

OLIVEIRA, Rosane Machado de. *Revolução Industrial na Inglaterra: Um Novo Cenário na Idade Moderna*. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Edição 07. Ano 02, Vol. 01. pp 89-116, outubro de 2017.

PÁDUA, Antônio Braz de. *A história da termodinâmica clássica: uma ciência fundamental*. Londrina: EDUEL, 2009.

PASCOAL, Alexandre dos Santos. *A evolução histórica da máquina térmica de Carnot como proposta para o ensino da segunda lei da termodinâmica*. Dissertação [Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática]. Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2016.

QUADROS, Sérgio. *A Termodinâmica e a invenção das máquinas térmicas*. 1. São Paulo: Scipione, 2008.