

**COLÉGIO PEDRO II**

Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura  
Especialização em Ensino de Física na Educação Básica

Daniel Cataldo Ferreira

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE  
MÁQUINAS TÉRMICAS NO ENSINO MÉDIO**

Rio de Janeiro  
2023



Daniel Cataldo Ferreira

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE MÁQUINAS TÉRMICAS  
NO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Ensino de Física na Educação Básica, vinculado à Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura do Colégio Pedro II, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Ensino de Física na Educação Básica.

Orientador: Professor Dr. Ricardo Fagundes  
Freitas da Cunha

Rio de Janeiro

2023

**COLÉGIO PEDRO II**

**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA, EXTENSÃO E CULTURA**

**BIBLIOTECA PROFESSORA SILVIA BECHER**

**CATALOGAÇÃO NA FONTE**

F383 Ferreira, Daniel Cataldo

Uma proposta de sequência didática de máquinas térmicas no ensino médio / Daniel Cataldo Ferreira. - Rio de Janeiro, 2023.

39 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Física na Educação Básica) – Colégio Pedro II, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura.

Orientador: Ricardo Fagundes Freitas da Cunha.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Termodinâmica 3. Máquinas térmicas. 4. Sequência didática. 5. Aprendizagem ativa. 6. Ensino entre pares (Peer instruction). I. Cunha, Ricardo Fagundes Freitas da. II. Colégio Pedro II. III Título.

CDD 530

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Simone Alves – CRB7 5692.

Daniel Cataldo Ferreira

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE MÁQUINAS TÉRMICAS NO  
ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Ensino de Física na Educação Básica vinculado à Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura do Colégio Pedro II, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Ensino de Física na Educação Básica.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

---

Dr. Ricardo Fagundes Freitas da Cunha (Orientador)  
Colégio Pedro II

---

Me. Alfredo Sotto Fernandes Junior  
Colégio Pedro II

---

Dr. Vitor Acioly Barbosa  
Universidade Federal Fluminense

*À minha esposa, meus amigos e meu orientador que, de uma forma ou de outra, deram-me força e coragem para nunca desistir do meu objetivo. Em especial aos meus pais, que sempre me incentivaram a estudar e estiveram do meu lado durante toda essa jornada acadêmica.*

## **AGRADECIMENTOS**

À minha esposa, Maria Carolina Araújo, que me deu todo apoio e carinho para que eu pudesse concluir esse trabalho da melhor maneira possível. A minha principal motivação, a fonte de inspiração para seguir lutando nos momentos mais difíceis da minha vida.

Agradeço em especial aos meus familiares, que sempre acreditaram em mim e sempre estiveram ao meu lado, me aconselhando e me dando forças para nunca desistir. Sem a ajuda deles, eu não teria chegado tão longe.

Ao meu amigo, João Victor, por todo o apoio e incentivo.

Agradeço ao meu orientador e amigo, Ricardo Fagundes, que acreditou no meu projeto e me ajudou em todo momento para a conclusão deste trabalho.

Agradeço ao Colégio Pedro II e a todos os professores que muito me ensinaram e me ajudaram para que chegasse até aqui.

Obrigado pela dedicação.

*Parece-nos lógico que alfabetizar cientificamente envolve proporcionar espaço, oportunidades e possibilidades para que os estudantes sejam apresentados a conceitos científicos e com eles possam trabalhar, investigando problemas e construindo relações entre o que já se conhece de seu cotidiano e as novas informações que o trabalho na escola proporciona.*

*(Lúcia Helena Sasseron)*

## RESUMO

FERREIRA, Daniel Cataldo. **Uma proposta de sequência didática de máquinas térmicas no ensino médio**. 2023. 43 f. (total de folhas). Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Física na Educação Básica em 2023) – Colégio Pedro II, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura, Rio de Janeiro, 2023.

O ensino de Física praticado hoje, na maioria das escolas de Ensino Médio, tem se mostrado muito mecanizado, centrado na memorização de fórmulas e fixação de conteúdo através de exercícios repetitivos, ao invés de valorizar a discussão, a pesquisa e a criatividade. Como tem sido constatado, o uso de metodologias expositivas e monológicas, com o uso de linguagens distantes do mundo em que o aluno está inserido, levam a um desinteresse no aprendizado nas disciplinas ligadas às ciências da natureza. Diante deste quadro, o objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de sequência didática (SD) que proporcione uma aprendizagem significativa aos estudantes de ensino médio quanto ao conteúdo de máquinas térmicas e refrigeradores. Para tal, a SD é preenchida por atividades colaborativas e aula com a metodologia ativa *Peer Instruction*, encerrando com a elaboração de mapas conceituais. Espera-se que os professores encontrem nesse trabalho um subsídio para as suas aulas de máquinas térmicas e refrigeradores, que possam replicar a sequência didática aqui proposta e aprimorá-la.

**Palavras-chave:** sequência didática; *peer instruction*; máquinas térmicas; mapas conceituais.



## ABSTRACT

FERREIRA, Daniel Cataldo. **A proposal for a teaching sequence on thermal machines in high school.** 2023. 43 f. (total de folhas). Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Física na Educação Básica em 2023) – Colégio Pedro II, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura, Rio de Janeiro, 201X.

The teaching of Physics practiced today, in most high schools, has been very mechanized, centered on memorizing formulas and fixing content through repetitive exercises, instead of valuing discussion, research and creativity. As has been observed, the use of expository and monological methodologies, with the use of languages far from the world in which the student is inserted, lead to a lack of interest in learning in disciplines related to the natural sciences. In view of this situation, the objective of this work is to present a proposal for a didactic sequence (SD) that provides a significant learning experience for high school students regarding the content of thermal engines and refrigerators. To this end, the SD is filled with collaborative activities and classes with the active Peer Instruction methodology, ending with the elaboration of conceptual maps. Teachers are expected to find in this work a subsidy for their classes on thermal machines and refrigerators, which can replicate the didactic sequence proposed here and improve it.

**Keywords:** didactic sequence; peer instruction; thermal machines; conceitual map.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Algoritmo por trás do PI.	15
<b>Figura 2</b> - Exemplos de dois cartões interativos	19
<b>Figura 3</b> – Exemplo de QC criada no <i>Plickers</i>	19
<b>Figura 4</b> – Nomes fictícios adicionados a turma TCC	20
<b>Figura 5</b> – Estudantes da turma TCC indexados a um cartão fixo.	10
<b>Figura 6</b> – Números de marcações em cada alternativa de um QC. 30 dos 39 estudantes estavam presentes. O percentual de acertos da turma foi de 67%	21
<b>Figura 7</b> - Modelo de máquina térmica a vapor proposto.	22

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Intervalo de tempo estimado de duração para cada etapa do PI.	15
<b>Quadro 2</b> – descrição da 1ª unidade temática	18
<b>Quadro 3</b> – descrição da 2ª unidade temática	22
<b>Quadro 4</b> – descrição da 3ª unidade temática	23
<b>Quadro 5</b> – descrição da 4ª unidade temática	24
<b>Quadro 6</b> – descrição da 5ª unidade temática	25

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	9
2	OBJETIVOS .....	11
2.1	Objetivo Geral .....	11
2.2	Objetivos Específicos .....	11
3	JUSTIFICATIVA .....	12
4	PRESSUPOSTOS TEÓRICOS .....	13
5	SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....	18
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	27
7	REFERÊNCIAS .....	28
	APÊNDICE A – Questionário Prévio.....	29
	APÊNDICE B – Evolução das Máquinas Térmicas.....	31
	APÊNDICE C – Questionário Sobre o vídeo de refrigeradores .....	34
	APÊNDICE D – Questionário Final Sobre as Máquinas Térmicas.....	35
	APÊNDICE E - Mapa Conceitual.....	39

## 1 INTRODUÇÃO

Os professores que trabalham com o ensino básico de física, principalmente aqueles que atuam no ensino médio, tanto em escolas públicas quanto em escolas privadas, encontram, diversas vezes, dificuldades para elaborar e desenvolver uma prática pedagógica que faça sentido para o aluno e o coloque como centro no processo de ensino e aprendizagem. Colocando a culpa, muitas vezes, na falta de recursos para que o processo de ensino aprendizagem seja executado. O que leva a exposição do tema em quadros e a matematização do processo. Presente nessa situação, o docente precisa encontrar estratégias que busquem potencializar o ensino da disciplina, contextualizando-a no cenário em que os alunos vivem.

Assim sendo, segundo Zabala (1998), quando as condições para que o processo de aprendizagem se desenvolva são insuficientes ou não estão presentes, a aprendizagem que se realiza é mais superficial e, no limite, pode ser uma aprendizagem mecânica, caracterizada pelo escasso número de relações que podem ser estabelecidas com os esquemas de conhecimento presentes na estrutura cognitiva e, portanto, facilmente submetida ao esquecimento.

Permanecendo no modelo de ensino expositivo e monológico, em que muitos professores estão acostumados, encontramos alunos desmotivados com a disciplina de física, tentando encontrar maneiras para entender o que o professor diz e decorar o passo – a – passo para conseguir resolver exercícios que, muitas vezes envolvem somente aplicações de fórmulas, sem nenhuma contextualização com a realidade.

Sendo assim, é importante que se busque meios que os façam serem inseridos no processo educacional, com protagonismo na própria aprendizagem, para que o assunto abordado nas aulas de fato tenha maior significado.

Nesse sentido, na contramão às aulas expositivas, Zabala (1998) aponta que as Sequências Didáticas (SD) cujas atividades são planejadas de modo a privilegiar o processo de construção do conhecimento, colocando o aluno no foco das atividades, e propiciando maior interação entre os estudantes e maior grau de liberdade, são estratégias didáticas capazes de proporcionar não somente uma maior aprendizagem cognitiva, mas também aprendizagem procedimental e atitudinal dos estudantes. O autor defende ainda que uma sequência didática deve: Determinar os conhecimentos prévios dos alunos em relação à situação de aprendizagem; provocar conflitos que estabeleçam relações entre os conhecimentos intuitivos e os novos conteúdos a serem trabalhados;

promover uma atitude favorável do aluno, para que fiquem motivados para o estudo dos conteúdos propostos, (ZABALA, 1988 apud AGASSI et. al., 2018).

Dessa forma, o presente trabalho é fruto de estudos que buscam desenvolver uma Sequência Didática para alunos do ensino médio, precisamente para aqueles que estão na 2ª série, e que estejam estudando o assunto de Termodinâmica. Para isso foram necessários 5 encontros, 3 encontros de 1 hora e 40 minutos para cada e 2 encontros de 50 minutos cada, totalizando 6 horas.

No primeiro encontro a turma será apresentada a toda a metodologia que vivenciará longo das próximas duas semanas e meia, e, também, será apresentado um questionário de conhecimento prévio. No segundo encontro, uma breve explicação acerca da evolução das máquinas térmicas e todos os benefícios que elas trouxeram serão realizados pelo docente. Após essa explicação, os alunos serão apresentados a um experimento científico. No próximo encontro, o docente abordará toda a parte matemática que está envolvida na máquina frigorífica, e a aplicação da metodologia ativa será realizada. No quarto encontro iniciaremos o assunto dos refrigeradores com um vídeo explicando todo o funcionamento de uma geladeira. Após o vídeo, um questionário será apresentado aos alunos para que se possa verificar o que eles conseguiram absorver da explicação. Como etapa final, a turma terá uma avaliação apresentada na plataforma do *google forms*, além da confecção de um mapa conceitual. Após a realização do questionário, o professor corrigirá essas perguntas com toda a turma, além de conversar com os alunos, a fim de entender se o uso da metodologia alcançou os objetivos traçados.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo deste trabalho foi a elaboração de uma Sequência Didática para abordar o assunto de Termodinâmica para a turma da 2ª série do Ensino Médio.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Apresentar a evolução histórica das máquinas e refrigeradores frigoríficos, além de verificarmos sua importância para a nossa sociedade.

Buscar novas estratégias pedagógicas, para motivar a participação dos estudantes em relação aos conteúdos de Termodinâmica ministrados no ensino médio.

### 3 JUSTIFICATIVA

A busca por uma educação de qualidade, que leva em consideração os processos de ensino e aprendizagem dos alunos, sempre foi um desejo meu. Ainda mais quando nos deparamos, majoritariamente, com um ensino expositivo, vertical, onde o objetivo de formar cidadãos críticos, para contribuir em nossa sociedade, passa muito longe.

Assim sendo, buscando melhorar minha prática docente e estimular colegas que estão na mesma luta e no mesmo objetivo que o meu, escrevo uma proposta de sequência didática (SD), voltada para alunos da 2ª série do Ensino Médio, sobre o assunto de Máquinas Frigoríficas.

Nessa SD, o leitor encontrará a utilização da metodologia ativa *Peer Instruction* (PI), com o intuito de engajar os estudantes, tornando-os protagonistas nas aulas e responsáveis, junto ao docente, pela própria aprendizagem. Nesse sentido, o PI, possibilita o desenvolvimento de aprendizagens para além do conteúdo programático, trabalhando habilidades e atitudes como o pensamento crítico, trabalho em grupo e a capacidade de argumentação, em contraponto às aulas expositivas e monológicas.



#### 4 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

Como este trabalho se propõe a apresentar uma SD de máquinas térmicas para o ensino médio, se faz necessário que se compreenda a definição de SD, sua importância no processo educacional e possibilidades para a sua elaboração, a depender dos objetivos pedagógicos do docente no contexto da sua aplicação.

O referencial utilizado nessa discussão foi o livro *A Prática Educativa: Como ensinar*, de Antoni Zabala, referência no tema. Segundo o autor, sequências didáticas “são um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos” (ZABALA, 1998, p. 18).

Nesse sentido, se o objetivo do professor é a aprendizagem de conteúdo, por exemplo, a sequência de ensino contará essencialmente com aulas expositivas e monológicas (*lectures*), dentro do modelo educativo tradicional (ZABALA, 1998, p. 48). Contudo, se a visão de ensino do docente for voltada para a formação integral, cidadã, do estudante, a SD deve ser permeada com atividades que trabalhem as mais diversas habilidades educacionais como construção de pensamento crítico, capacidade de argumentação e trabalho em grupo, criatividade, identificar e resolver problemas, entre outras.

A SD proposta neste trabalho pretende seguir esse segundo objetivo educacional, seguindo uma visão construtivista de ensino. Para isso, Zabala (1998, p. 63-64) aponta a necessidade de a SD ter atividades que:

- i) revelem os conhecimentos prévios dos estudantes em relação ao assunto a ser trabalhado;
- ii) tragam o conteúdo de forma mais significativa, apresentando uma conexão com a realidade dos estudantes;
- iii) o grau de complexidade seja adequado à capacidade de compreensão dos alunos;
- iv) representem um desafio tangível;
- v) provoquem conflito cognitivo, de modo a proporcionar aprendizagem dos estudantes;
- vi) motivem a aprendizagem de novos conteúdos;

- vii) permitam o estudante perceber a própria aprendizagem, estimulando a autoestima;
- viii) ajudem a desenvolver habilidades que tornem o estudante mais responsável pela sua aprendizagem, de maneira mais autônoma.

Uma das diversas possibilidades de se abraçar todos os oito pontos de atenção listados acima é por meio de uma SD elaborada a partir de aulas baseadas na metodologia ativa *Peer Instruction* (PI), criada no início da década de 90 pelo professor Eric Mazur, do departamento de Física da Universidade de Havard, e publicada em 2001, após 10 anos de experiência de aplicação da metodologia em suas turmas (CROUCH; MAZUR, 2001).

As pesquisas do professor Mazur não tinham relação com a área de ensino e, portanto, o PI foi desenvolvido empiricamente, a partir da sua observação das interações entre os alunos nas suas aulas e como essas interações eram capazes de proporcionar a compreensão dos conceitos abordados. Porém, apesar da lacuna de um referencial teórico, o PI tem sido extensivamente aplicado e pesquisado em diversos países<sup>1</sup>, com resultados que conferem solidez à metodologia (CUNHA, 2022).

Mas o que é essa metodologia e o porquê da sua escolha como forma de trabalhar as valências descritas por Zabala?

Uma aula com a metodologia PI começa com o professor fazendo uma breve explicação sobre um conteúdo e, em seguida, pede para os alunos responderem individualmente uma Questão Conceitual (QC). Se o percentual de acertos for superior a 70%, o professor explica a questão e segue para uma próxima QC ou para uma nova explicação de conteúdo. Se a percentagem de acertos for inferior a 30%, o professor volta à etapa da apresentação teórica, apresentando mais detalhes e observações. Após essa segunda exposição do assunto, o professor irá propor uma nova QC (MAZUR, 2015, p. 27).

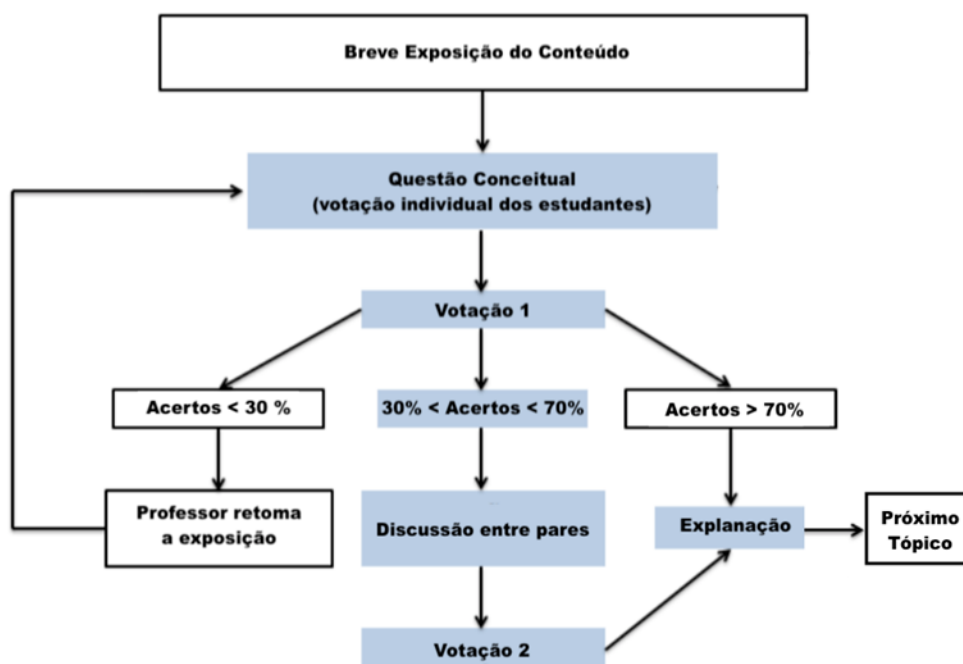
As QC devem ser escolhidas de modo que a maioria das respostas corretas fique entre 30% e 70%, porque é nessa faixa que, após as respostas individuais, os alunos são divididos em grupos, para que discutam entre si (é nessa etapa que se dá a instrução

---

<sup>1</sup> Até o dia 24/03/2023, o artigo “Ten years of experience and results” possui 3.881 citações e 22.500 trabalhos publicados apresentam a expressão “Peer Instruction”, segundo a base de dados do Google Acadêmico.

entre pares, tradução mais usada para *Peer Instruction*). A premissa é que, no mesmo grupo haverá estudantes com diferentes graus de compreensão, e as interações entre eles causarão conflitos cognitivos, possibilitando a aprendizagem do assunto. A figura 1 mostra o algoritmo do PI sob um olhar mais geral.

**Figura 1 – Algoritmo por trás do PI.**



Fonte: Lasry, Mazur, Watkins (2008, p. 1067, apud CUNHA, 2022, p. 36).

O quadro 1 a seguir mostra o tempo médio esperado em cada etapa do PI e, portanto, é de importância ímpar para a construção da SD, auxiliando na adequação das atividades propostas ao tempo estimado por aula.

**Quadro 1 - Intervalo de tempo estimado de duração para cada etapa do PI.**

<b>Etapas</b>	<b>Tempo (minutos)</b>
Exposição oral	7 - 20
Exposição da questão +	1 - 3
Leitura e votação individual	
discussão entre pares	2 - 5
explicação	2

Fonte: Cunha, 2022, p. 37.

Alguns detalhes da aplicação metodologia justificam a sua escolha para alcançar os objetivos pedagógicos da SD:

- Na primeira etapa, espera-se que o professor não se atenha somente a exposição de uma definição seguida de uma equação, mas sim é sugerido que esse mesmo assunto seja abordado com uma conexão com a realidade dos alunos (ii), e que a explicação (tanto nessa etapa quanto na resolução das questões com a turma) seja condizente com a capacidade de compreensão dos alunos (iii);
- A escolha das QC é fundamental para o funcionamento do PI. Como a intenção é que, na etapa anterior à discussão entre pares, o percentual de acertos fique entre 30% e 70%, as questões devem apresentar um desafio tangível (iv). Outro detalhe importante é escalonar as questões, para aumentar a autoeficácia dos estudantes (vii), motivando-os a continuar aprendendo (vi) (MILLER et al. 2015). O professor pode criar as próprias questões ou selecioná-las em testes conceituais disponíveis online, como por exemplo, no endereço eletrônico <https://www.physport.org/assessments/>, que conta com quase 100 testes de física voltados para a educação básica e para o ensino superior;
- Na etapa de interação entre pares, James e Willoughby (2010) revelaram que, dado o contexto da aplicação do PI, quase 40% das conversas dos alunos nessa etapa são improdutivas, ou seja, não estão discutindo o conteúdo da questão. Um caminho para otimizar a aula está no trabalho de Turpen e Finkelstein (2010), mostrando que um dos fatores que impactam nos resultados do PI é a cultura permeada na sala. Na etapa de interação, o professor deve caminhar pela sala, ouvir e incentivar as discussões. Mais discussões produtivas proporcionam o surgimento de mais conflitos cognitivos (v), que é o que explica o funcionamento do PI - situações sociais com conflitos cognitivos, quando solucionados, promovem progresso cognitivo (DOISE; MUGNY, 1979). É também nessa etapa que, com o tempo, os alunos passam a desenvolver *soft skills* como o pensamento crítico, a capacidade de argumentação, colaboração e criatividade, tornando-os mais responsáveis pela própria aprendizagem (viii). Esse aspecto é presente em todas as demais metodologias ativas.

Dos 8 aspectos que aparecem na SD proposta neste trabalho, 7 aparecem no PI, e estão listados acima (para facilitar o leitor, os números correspondentes a cada uma aparecem ao lado, entre parênteses), a exceção da análise dos conhecimentos prévios

dos alunos (i), que é feita logo no 1º encontro da SD, por meio da aplicação de um questionário prévio presente no Anexo A.

No que se segue, este trabalho traz uma SD norteada pelos pressupostos teóricos aqui apresentados, visando abordar o assunto máquinas térmicas com estudantes de ensino médio.

## 5 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Esse capítulo é destinado a apresentação de uma sequência didática abordando o ensino de máquinas térmicas para estudantes do ensino médio. Essa SD foi elaborada a partir dos referenciais teóricos apresentados anteriormente e foi planejada para ser aplicada ao longo de 3 semanas, somando 5 unidades temáticas (encontros) ao todo: 3 tempos de 50 minutos cada por semana, sendo 2 tempos em um dia e 1 tempo em outro (2 tempos da terça e 1 tempo na quinta, por exemplo). Somente a última semana terá 1 encontro.

### Quadro 2 – descrição da 1ª unidade temática

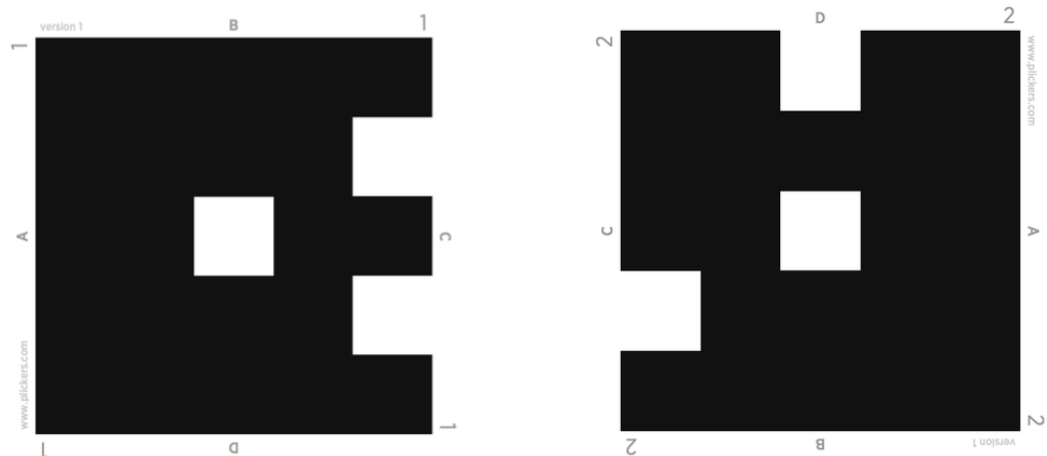
<b>1ª unidade temática: 2 tempos de 50 minutos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar aos alunos como irá funcionar a SD: os momentos em que responderão um questionário (no início e no término da SD), enfatizando a importância de cada etapa, e que serão avaliados pela participação nas atividades propostas.</li> <li>• Explicar a metodologia PI e como responderão as QC</li> <li>• Aplicação do questionário prévio (Apêndice A)</li> </ul>

Fonte: o autor, 2023

Para responder as QC, basta os alunos levantarem os seus *plickers*<sup>2</sup>, que serão entregues plastificados, para não rasgar, a cada um no início da aula. Os *plickers* são cartões interativos impressos, *QR codes*, conforme mostra a figura 2 a seguir.

<sup>2</sup> <https://get.plickers.com/>. Os cartões são impressos a partir da página [https://assets.plickers.com/plickers-cards/PlickersCards\\_2up.pdf](https://assets.plickers.com/plickers-cards/PlickersCards_2up.pdf).

**Figura 2 - Exemplos de dois cartões interativos. Fonte: Cunha, 2022.**



Fonte: Aplicativo Plickers

A versão gratuita do *site* fornece até 40 cartões, cada um com o seu número (na figura 2 é possível ver que o cartão da esquerda é o 1, e o da direita, o 2). O professor deve entregar os cartões de acordo com o número da chamada (o número 1 receberia o cartão 1). No *site*, o professor cria questões (figura 3), registra os alunos de suas turmas (figura 4) e os indexa a um único cartão (figura 5) e, assim, se o professor entregar o mesmo cartão para o mesmo aluno, ao longo de um período, conseguirá mapear todas as suas respostas, e acompanhar seu desempenho acadêmico.

**Figura 3 – Exemplo de QC criada no Plickers. Fonte: o autor.**

Impulso e Quantidade de movimento

Graded Survey

1

2

3

4

A figura mostra o mesmo projétil, com mesma velocidade, colidindo em dois blocos diferentes, porém de mesma massa: o primeiro de aço e o segundo, de madeira. Assinale a alternativa que explica corretamente qual bloco terá maior velocidade após a colisão.

Before

After

Image

Edit Image

Replace

Copy Image

Download Image

Remove

A o bloco de madeira, porque ganhou o momento do projétil, ao contrário do de aço, que não adquiriu esse momento.

B o bloco de madeira, porque o projétil transferiu toda a energia para ele.

C o bloco de aço, porque o projétil é ricochetado nele.

D ambos adquirem a mesma velocidade.

Fonte: Aplicativo Plickers

**Figura 4 – Nomes fictícios adicionados a turma TCC. Fonte: o autor.**

Cancel

**Add Students to TCC**

**Enter Names**  
Type in student names into the box below. You can also copy-paste rows and columns from a spreadsheet. Make sure each student is on a new line.

Ana Maria  
Bianca Lemos  
Leonardo Oliveira  
Matheus Ozório

**Student Roster Preview**

First Name	Last Name
Ana	Maria
Bianca	Lemos
Leonardo	Oliveira
Matheus	Ozório

Fonte: Aplicativo Plickers

**Figura 5 – Estudantes da turma TCC indexados a um cartão fixo. Fonte: o autor.**

## TCC

### 📖 Students

+ Quick Add Student
Add Students
Print Class Roster
⋮

FIRST NAME ^	LAST NAME ^	CARD NO ^
Ana	Maria	1
Bianca	Lemos	2
Leonardo	Oliveira	3
Matheus	Ozório	4

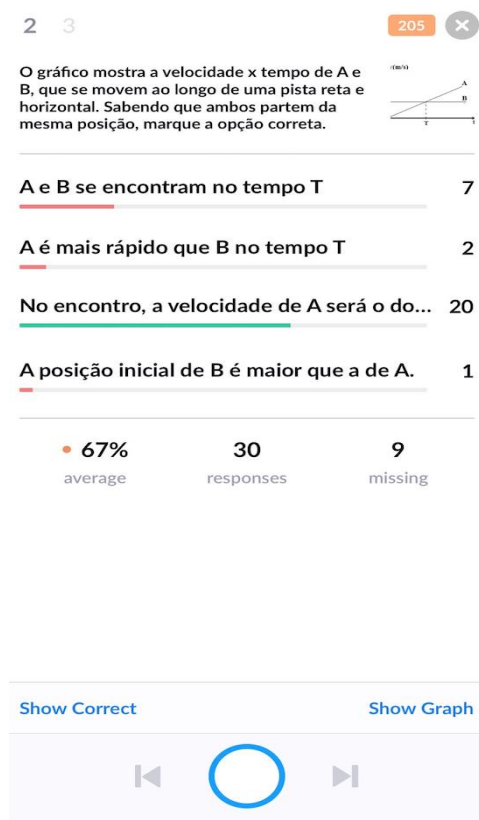
Fonte: Aplicativo Plickers

Conforme os alunos forem levantando seus cartões, as respostas vão sendo capturadas pelo *smartphone* do professor. Para isso, basta entrar no aplicativo *Plickers* e apertar o botão para acessar a câmera do celular.

A figura 6 mostra o número de marcações em cada alternativa de uma QC. O programa informa também quais alunos assinalaram cada alternativa.



**Figura 6 – Números de marcações em cada alternativa de um QC. 30 dos 39 estudantes estavam presentes. O percentual de acertos da turma foi de 67%.  
Fonte: Cunha, 2022.**



Fonte: Aplicativo Plickers

A exposição das QC para os alunos depende dos recursos tecnológicos da instituição. Uma sala de aula com um projetor fixo conectado a um computador oferece uma praticidade maior se comparado ao uso de um projetor multimídia móvel, por exemplo. Caso não haja projetores, o professor pode escrever a questão no quadro, mas é evidente que o tempo necessário para trabalhar as QC será bem maior, comprometendo o dinamismo da aula e o cumprimento da SD.

Retornando à primeira unidade temática, os resultados do questionário prévio irão orientar o professor quanto à escolha das QC e na identificação dos pontos que merecem uma atenção maior.

**Quadro 3 – descrição da 2ª unidade temática**

<b>2ª unidade temática: 1 tempo de 50 minutos</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Explicação da evolução das máquinas térmicas ao longo da história e sua importância em nossa vida.</li><li>• Aplicação de um experimento que demonstra o funcionamento de uma máquina térmica.</li></ul>

Fonte: o autor, 2023

A 2ª unidade temática conta com apenas 1 tempo de aula de 50 minutos. Nesse encontro, durante os primeiros 20 minutos, a turma assistirá uma explicação sobre a evolução das máquinas térmicas ao longo da história e todos os benefícios que elas nos proporcionam. O material usado nessa etapa está no apêndice B. Contudo, para não ficar no plano das ideias, a turma participa de uma observação experimental realizada pelo professor em sala ou em um laboratório, caso a escola forneça esse espaço. A figura 7 a seguir mostra o experimento proposto para a atividade.

**Figura 7 - Modelo de máquina térmica a vapor proposto.**



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=7Vhu33tMxwo>.

Nesse experimento, observa-se uma máquina a vapor que funciona devido à queima do álcool em gel. A energia térmica gerada nessa queima aquece uma caldeira

que possui 5 ml de água. Ao sair o vapor pelos canos, o aparato começa a girar, movimentando um ímã acoplado ao mecanismo. Com o movimento desse ímã, um led acenderá mostrando a presença de energia elétrica.

#### **Quadro 4 – descrição da 3ª unidade temática**

<b>3ª unidade temática: 2 tempos de 50 minutos cada</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Explanação da Conservação de Energia presente em uma máquina térmica e refrigerador, e cálculo do rendimento e eficiência.</li><li>• Aplicação da metodologia ativa (PI)</li></ul>

Fonte: o autor, 2023

Nesse encontro, o assunto abordado será o rendimento das máquinas térmicas e também dos refrigeradores, utilizando a metodologia ativa PI, que foi explicada aos alunos na primeira unidade temática.

O professor começa a aula seguindo o algoritmo do PI (ver figura 1 - pressuposto teórico), com uma explicação breve do assunto será apresentada pelo docente. Ao final dessa etapa, o docente expõe, utilizando um projetor, uma questão conceitual (QC) sobre o assunto abordado na explicação anterior. Com a QC apresentada, os alunos levantam suas placas com o *qr-code* referente a alternativa que eles julgam ser o gabarito daquela questão.

Conforme mencionado anteriormente, o professor, através do aplicativo *Plickers*, consegue monitorar o desempenho dos alunos e, a depender do percentual de acertos, retoma a explicação, coloca os alunos para discutirem em grupos (de 3 a 5 integrantes) ou segue para a etapa de explicação da QC.

Essa unidade temática terá duração de 1 hora e 40 minutos, cabendo ao docente o controle do tempo e do conteúdo que deverá ser trabalhado nesse período.

**Quadro 5 – descrição da 4ª unidade temática**

<b>4ª unidade temática: 1 tempo de 50 minutos</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Apresentação do vídeo do funcionamento de uma geladeira, bem como os seus elementos e sua função.</li> <li>• Atividade de aula - Questionário</li></ul>

Fonte: o autor, 2023

O 4º encontro abordará os refrigeradores térmicos, e, para isso, a turma assistirá a um vídeo (ver figura 8), onde nele teremos a explicação do funcionamento de uma geladeira, bem como os elementos que a compõem e suas funções. O vídeo é curto, tem duração de 8 minutos. Durante o vídeo, sugere-se que o professor faça pequenas intervenções, fazendo perguntas, para estimular a participação dos alunos. O professor pode também retomar algumas explicações que foram trabalhadas antes dessa sequência didática, como processos de trocas de calor por convecção, demonstrando o experimento que foi usado no vídeo exposto.

**Figura 8 - Como funciona uma geladeira?**

Fonte: [https://www.youtube.com/watch?v=kp\\_vVuBtc-U](https://www.youtube.com/watch?v=kp_vVuBtc-U).

Nesse vídeo que será apresentado à turma, o professor (autor do vídeo) explica fisicamente as funcionalidades de cada elemento da geladeira. Em um determinado momento ele utiliza um experimento para explicar o fluxo de calor dentro da geladeira, que poderá ser realizado pelo professor. É importante que o docente explique, além do funcionamento do refrigerador frigorífico, a importância desse eletrodoméstico em nossas vidas, trazendo um contexto histórico e como ele ajudou na expectativa de vida da população. Para explicar essa importância, segue o endereço eletrônico de um texto publicado para BBC News Brasil, <https://www.bbc.com/portuguese/geral-42074161>. Último acesso em 16/05/2023.

Atividade de aula - Após assistirem ao vídeo em sala de aula, a turma responderá um questionário - (<https://forms.gle/NzpxaTPRTbve2xidA>- o formulário está presente no apêndice C deste trabalho).

#### **Quadro 6 – descrição da 5ª unidade temática**

<b>5ª unidade temática: 2 tempos de 50 minutos</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Montagem do Mapa Conceitual</li> <li>• Avaliação final</li></ul>

Fonte: o autor, 2023

No último encontro, a fim de avaliar todo o conteúdo que foi trabalhado ao longo dessa sequência didática, os alunos produzirão mapas conceituais sobre o que foi estudado. Para isso, se o docente se sentir a vontade, poderá levar para esta aula folhas do tamanho A4, ou qualquer outra folha que julgar interessante para a confecção dos mapas, canetas coloridas e réguas. Caso a escola tenha recursos para oferecer esses materiais, melhor ainda.

A turma terá 30 minutos para produzir seus mapas conceituais sobre refrigeradores elétricos e entregá-los, tendo em vista que os alunos já tenham sido apresentados a customização de mapas conceituais, e, com isso, estão habituados com

esse tipo de atividade, até como uma atividade visando à revisão de conteúdos para as avaliações bimestrais. A estratégia de se utilizar mapas conceituais em determinados momentos é justificada pelo fato os mapas conceituais serem uma estratégia de ensino que possibilita a construção de uma aprendizagem significativa (Moreira, 2010), e auxiliam o professor para verificar o grau de aprendizagem factual e conceitual dos estudantes.

Após essa etapa de confecção, iremos para a nossa última etapa, onde será avaliada a aprendizagem de conteúdo dos estudantes após essa sequência didática. Nesse sentido, os alunos terão acesso a um questionário na plataforma *google forms* (<https://forms.gle/bqUwSuvgu5cYLmsv8> - Apêndice D). Essa atividade terá duração, também, de 30 minutos. Após essa etapa, o professor corrigirá as questões com os alunos.

Com isso, se encerra a sequência didática proposta sobre as máquinas térmicas e refrigeradores.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sequência didática aqui proposta foi elaborada pensando em não somente explicar a física das máquinas térmicas e refrigeradores, mas de mostrar a importância desses aparatos na sociedade. Buscou-se também fazer o uso de estratégias pedagógicas como aulas ativas, com o *Peer Instruction*, para motivar a participação dos estudantes nas aulas.

Os pressupostos teóricos trazidos foram importantes para a elaboração da sequência didática, tanto na estruturação das atividades nas aulas, quanto na elaboração dos questionários.

Apesar de, por limitações de tempo, não ser objetivo de este trabalho aplicar a sequência didática proposta, ela será implementada pelo autor deste TCC no próximo bimestre em uma turma de 2ª série de ensino médio, em um colégio da rede privada na cidade do Rio de Janeiro. Desse modo, será possível dar continuidade a esta pesquisa, elaborando relatos de experiência que possam enriquecer a sequência didática, indicando possíveis pontos de melhorias e trazendo análises dos resultados das aplicações das QCs e dos questionários.

Ademais, espera-se que a sequência didática proposta possa ser reproduzida por outros colegas, professores de física atuantes na educação básica, e, assim, que este trabalho possa contribuir com o ensino de física na educação básica.

**REFERÊNCIAS**

- TURPEN, C.; FINKELSTEIN, N. Not all interactive engagement is the same: Variations in physics professors' implementation of Peer Instruction. **Phys. Rev. St Phys. Educ. Res.**, v. 5, n. 2, 18 pp., 2009.
- CROUCH, C; MAZUR, E. Peer Instruction: Ten years of experience and results. **Am. J. Phys.**, v. 69, n. 9, pp. (970-977), setembro, 2001.
- CUNHA, R. F. F. **Análise das Interações dos Estudantes em Aulas Ativas usando a Metodologia Peer Instruction**. 281 p. Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Educação) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2022.
- DOISE, W.; MUGNY, G. Individual and collective conflicts of centrations in cognitive development, **Eur. J. Soc. Psychol.**, v. 9, n. 1, pp. 105-108, 1979.
- JAMES, M.; WILLOUGHBY, S. Listening to student conversations during clickers questions: What you have not heard might surprise you! **Am. J. Phys.**, v.79, n.1, pp (123-132), agosto, 2010.
- MAZUR, Eric. **Peer Instruction: A Revolução da Aprendizagem Ativa**. Tradução: Anatólio Laschuk. Porto Alegre: Penso, 2015. 252 p.
- MIILER, K. et al. Response switching and self-efficacy in Peer Instruction classrooms. **Phys. Ver. ST Phys. Educ. Res.**, v.11, n.1,8 pp., 2015.
- MOREIRA, M. A., **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. São Paulo: Centauro Editora, 2010. 80 p.
- ZABALA, A. **A Prática Educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998. 224 p.



**APÊNDICE A – Questionário Prévio**

**Questão 1:** Explique com as suas palavras, de forma bem sucinta, o que foi a revolução industrial e o que ela contribuiu para as nossas vidas.

---

---

---

---

---

**Questão 2:** Baseado em seus conhecimentos, explique o funcionamento do trem Maria Fumaça.

---

---

---

---

---

**Questão 3:** O que você entende como rendimento? Explique com as suas palavras.

---

---

---

---

---

**Questão 4:** O que você entende por conservação de energia?

---

---

---

---

---

**Questão 5:** Você acha que o rendimento do trem Maria Fumaça é de 100%? Justifique sua resposta.

---

---

---

---

---

**Questão 6:** Qual é a importância da geladeira em nossas vidas? Aproveitando o tema, explique, também, como os alimentos eram conservados antes de sua invenção.

---

---

---

---

---

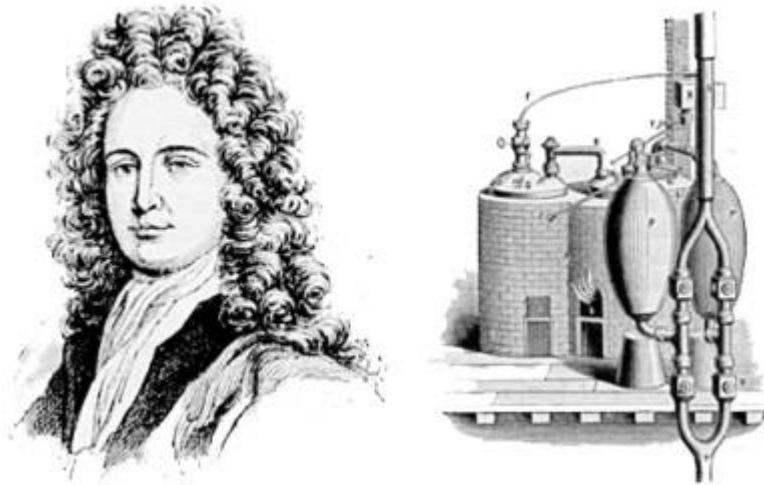
## APÊNDICE B – Evolução das Máquinas Térmicas



Na imagem acima vemos a primeira máquina a vapor criada por um engenheiro grego, Hero de Alexandria, no ano de 120 D.C. A máquina consiste numa esfera metálica, oca, montada sobre um suporte de cano, que ficou conhecida como Aelolípila. Entretanto, o movimento criado na esfera não realizava trabalho útil, o que para muitos se tornou um simples brinquedo.

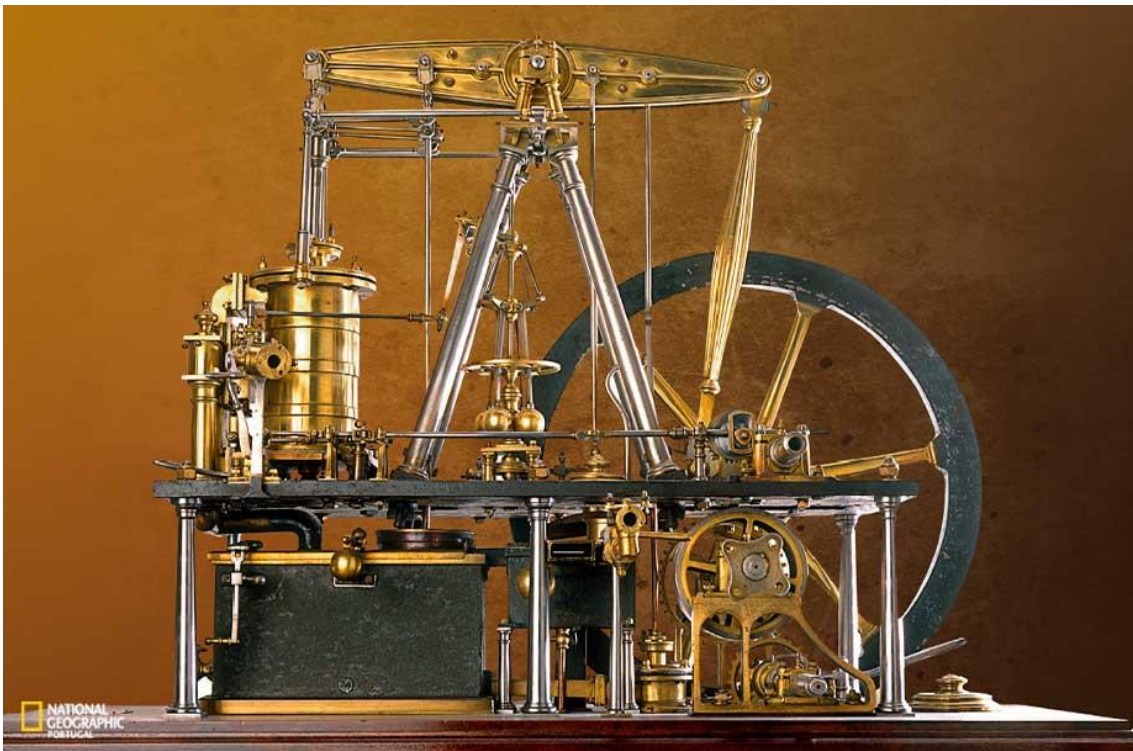
Sendo assim, a primeira máquina a vapor tem como pioneiro o físico francês Denis Papin, que utilizou vapor para impulsionar um mecanismo com êmbolo e cilindro.

Quase mil anos depois da máquina de Hero, em 1698, surgiu a primeira máquina a vapor de interesse industrial. Esta máquina foi pensada e elaborada por Thomas Savery, um engenheiro militar inglês. Uma máquina que tinha objetivo de elevar a água do fundo do mar.

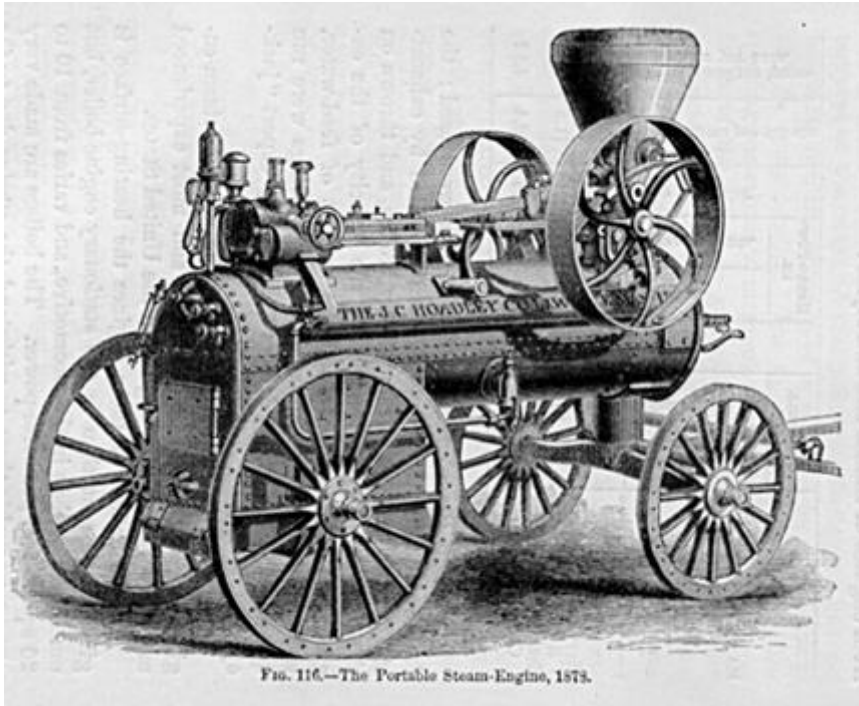


Em meados de 1700, o Inglês Thomas Newcomen, aperfeiçoou as máquinas de Savery e Papin, idealizando uma nova máquina que tinha como objetivo elevar as águas das minas com menor risco e, ainda, transportar cargas.

Na busca pelo aumento da eficiência e na diminuição dos gastos com o carvão, material que era usado com combustível, James Watt, em 1765, inventou sua máquina térmica. Suas máquinas faziam uso de um tipo de engrenagem de dentes retos, que transformava o movimento de cima para baixo do pistão em um movimento giratório que acionava um eixo.



Pouco a pouco a evolução das máquinas tomaram conta de outros setores, como os transportes, e, com isso, novos protagonistas foi surgindo, o que é o caso de Richard Trevithick (1771 – 1833), primeira pessoa a inventar uma locomotiva.



**APÊNDICE C – Questionário Sobre o vídeo de refrigeradores**

**NOME:** \_\_\_\_\_

**TURMA:** \_\_\_\_\_

1) Qual é a função do compressor?

---

---

2) Explique o porquê o congelador fica na parte superior do eletrodoméstico.

---

---

---

3) Por que os congeladores das geladeiras antigas congelam, e as novas, de modelo *Frost Free*, não?

---

---

---

4) Qual é a finalidade do líquido refrigerante na geladeira?

---

---

---

5) Explique como o ar circula dentro da geladeira, citando o processo de propagação de calor envolvido nisso.

---

---

---

## APÊNDICE D – Questionário Final Sobre as Máquinas Térmicas

1. O segundo princípio da Termodinâmica assegura que é impossível construir uma máquina térmica operando em ciclos cujo único efeito seja retirar calor de uma fonte e convertê-lo integralmente em trabalho. Considerando as consequências deste princípio é **CORRETO** afirmar que:

a) máquinas térmicas são dispositivos que convertem energia mecânica em energia térmica por meio da realização de trabalho e consumo de calor.

b) o rendimento de uma máquina térmica será de 100% quando o calor retirado da fonte em cada ciclo de operação da máquina for nulo.

c) o rendimento de uma máquina térmica nunca pode chegar a 100%, pois nenhuma máquina térmica consegue transformar integralmente calor em trabalho.

d) qualquer máquina térmica retira calor de uma fonte quente e rejeita integralmente esse calor para uma fonte fria após realizar um trabalho mecânico.

e) uma máquina térmica que realiza uma transformação cíclica retornando ao estado inicial, depois de efetuar todos os processos termodinâmicos do ciclo, tem rendimento de 100%.

2. São várias as reportagens veiculadas na mídia que mostram pessoas tentando construir um motor que não necessita fornecimento contínuo de energia externa para funcionar, ao que se denomina de “moto perpétuo”. Essas máquinas têm como objetivo gerar energia para manter o seu próprio movimento, bastando dar um impulso inicial e o movimento se dará de forma perpétua.

Se essa máquina funcionasse, necessariamente se estaria violando a

a) Lei da Conservação de Energia.

b) Primeira Lei de Newton.

c) Lei da Conservação de Quantidade de Movimento.

d) Lei da Gravitação Universal.

e) Equação geral dos gases.

3. Em um motor de carro convencional a primeira transformação de energia em trabalho ocorre dentro do cilindro que aloja o pistão. De modo simplificado, pode-se entender esse sistema como um cilindro fechado contendo um êmbolo móvel, que é o pistão. Em um dado instante a mistura ar e combustível sofre combustão forçando os gases resultantes dessa queima a sofrerem expansão, movimentando o pistão ao longo do eixo do cilindro.

É correto afirmar que a energia térmica contida nos gases imediatamente após a combustão é

- a) parte transferida na forma de calor para o ambiente e parte convertida em energia cinética do pistão.
- b) totalmente transferida como calor para o ambiente.
- c) totalmente convertida em trabalho sobre o pistão.
- d) parte convertida em trabalho sobre o pistão e o restante, convertida em energia cinética também do pistão.

4. As máquinas térmicas foram aprimoradas durante a primeira Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra no século XVIII. O trabalho do engenheiro francês Nicolas Léonard Sadi Carnot, que notou a relação entre a eficiência da máquina a vapor e a diferença de temperatura entre o vapor e o ambiente externo, foi fundamental para esse aprimoramento.

A solução desenvolvida por Carnot para aumentar a eficiência da máquina a vapor foi

- a) reduzir o volume do recipiente sob pressão constante.
- b) aumentar o volume do recipiente e reduzir a pressão proporcionalmente.
- c) reduzir o volume do recipiente e a pressão proporcionalmente.
- d) reduzir a pressão dentro do recipiente e manter seu volume.
- e) aumentar a pressão dentro do recipiente e manter seu volume.



5. Com relação às máquinas térmicas e a Segunda Lei da Termodinâmica, analise as proposições a seguir.

I. Máquinas térmicas são dispositivos usados para converter energia mecânica em energia térmica com consequente realização de trabalho.

II. O enunciado da Segunda Lei da Termodinâmica, proposto por Clausius, afirma que o calor não passa espontaneamente de um corpo frio para um corpo mais quente, a não ser forçado por um agente externo como é o caso do refrigerador.

III. É possível construir uma máquina térmica que, operando em transformações cíclicas, tenha como único efeito transformar completamente em trabalho a energia térmica de uma fonte quente.

IV. Nenhuma máquina térmica operando entre duas temperaturas fixadas pode ter rendimento maior que a máquina ideal de Carnot, operando entre essas mesmas temperaturas.

São corretas apenas

a) I e II

b) II e III

c) I, III e IV

d) II e IV

6. Leia atentamente as informações apresentadas a seguir:

A partir da Revolução Industrial, inovações tecnológicas, como a máquina a vapor, começaram a substituir equipamentos que eram movidos à tração animal. Nesse período, a termodinâmica clássica surge como uma ferramenta conceitual para analisar e melhorar o desempenho das máquinas a vapor.

Considere uma máquina de Carnot operando entre duas fontes de calor a temperaturas de  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  e recebendo, a cada ciclo,  $900\text{ J}$  de energia da fonte quente.

Dadas as condições apresentadas, assinale a única alternativa que indica o valor

aproximado para o rendimento da máquina:

- a) 5%.
- b) 15%.
- c) 35%.
- d) 50%.

7. Considere uma máquina térmica que opera um ciclo termodinâmico que realiza trabalho. A máquina recebe 400 J de uma fonte quente cuja temperatura é de 400 K e rejeita 200 J para uma fonte fria, que se encontra a 200 K. Neste ciclo a máquina térmica realiza um trabalho de 200 J.

- Analisando o ciclo termodinâmico exposto acima conclui-se que a máquina térmica é um   I  .
- Essa máquina térmica   II   a 1ª Lei da Termodinâmica.
- O rendimento desta máquina é   III   a 50%.

A opção que corresponde ao preenchimento correto das lacunas (I), (II) e (III) é:

- |                      |                 |                 |
|----------------------|-----------------|-----------------|
| a) I - refrigerador  | II - não atende | III - maior que |
| b) I - refrigerador  | II - atende     | III - igual a   |
| c) I - motor térmico | II - atende     | III - menor que |
| d) I - motor térmico | II - não atende | III - maior que |
| e) I - motor térmico | II - atende     | III - igual a   |

## APÊNDICE E - Mapa Conceitual

Modelo de Mapa Conceitual sobre máquinas térmicas e refrigeradores.

