

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UTFPR
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ


SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

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

ROBINEIDE BORGES DE SOUZA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DAS LEIS DA
TERMODINÂMICA E MÁQUINAS TÉRMICAS**

CAMPO MOURÃO
2019

ROBINEIDE BORGES DE SOUZA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DAS LEIS DA
TERMODINÂMICA E MÁQUINAS TÉRMICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física – Polo 32, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:
Prof^a. Dr^a. Adriana da Silva Fontes

CAMPO MOURÃO
2019

S729s Souza, Robineide Borges de.
Sequência didática para o ensino das leis da termodinâmica e máquinas
térmicas / Robineide Borges de Souza. -- 2019.
134 f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana da Silva Fontes
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade
Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino
de Física. Campo Mourão, 2019.
Inclui bibliografias.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Termodinâmica. 3. Ensino - Metodologia.
4. Aprendizagem. 5. Física - Dissertações. I. Fontes, Adriana da Silva,
orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-
Graduação em Ensino de Física. III. Título.

CDD (22. ed.) 530.07

Ficha Catalográfica elaborada por
Suélem Belmudes Cardoso CRB9/1630
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco

ROBINEIDE BORGES DE SOUZA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DAS LEIS DA
TERMODINÂMICA E MÁQUINAS TÉRMICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física – Polo 32, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora Profa. Dra. Adriana da Silva
Fontes
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
- UTFPR

Prof. Dr. Michel Corci Batista
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
- UTFPR

Prof. Dr. Maurício A. Custódio Melo
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Campo Mourão, _____ de _____ 2019

Dedico esse trabalho à minha família: Ao meu esposo Everaldo pelo incentivo e aos meus filhos Beatriz e Rogério Eduardo pelo apoio incondicional e compreensão pela ausência. Aos meus amados pais Sebastião e Geovanice que mesmo com suas simplicidades, me incentivaram na busca de tão almejado sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele nada seria possível.

Agradeço também ao meu esposo Everaldo Martins de Souza, que sempre me deu apoio e compreensão.

Aos meus filhos Beatriz Borges de Souza e Rogério Eduardo Borges de Souza que me incentivaram e colaboraram comigo para que pudesse realizar minhas atividades.

Agradeço a minha orientadora Prof^a. Dr^a. Adriana da Silva Fontes, pelas orientações, conselhos e sugestões que me concedeu durante o desenvolvimento desse trabalho. Também pelo carinho e atenção que sempre teve para comigo.

Aos meus colegas de turma, que souberam ser amigos e companheiros, dando força e incentivo quando necessário.

Agradeço também a todos os professores do curso que direta ou indiretamente contribuíram para nosso crescimento pessoal e profissional. Em especial ao nosso professor e coordenador do curso Michel Corci Batista que, além de se tornar um grande amigo, contribuiu significativamente compartilhando seus conhecimentos e práticas vivenciadas.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento aos meus pais Sebastião Borges e Geovanice Borges, e minhas estimadas amigas Maria Rodrigues e Alice, pois acredito que sem o apoio e orações de todos eles, seria mais difícil vencer esse desafio.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram para a realização desta pesquisa.

Que todos os nossos esforços estejam sempre focados no desafio à impossibilidade. Todas as grandes conquistas humanas vieram daquilo que parecia impossível.

Charles Chaplin

SOUZA, Robineide Borges. **SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DAS LEIS DA TERMODINÂMICA E MÁQUINAS TÉRMICAS**. 2019. 134 fls. Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2019.

RESUMO

O presente estudo propõe a elaboração e investigação do potencial pedagógico de uma sequência didática envolvendo alguns recursos metodológicos para o ensino das Leis da Termodinâmica e Máquinas Térmicas. Este material é composto por textos com enfoque histórico, utilização de TICs como vídeos, recortes de filmes, animações e plataforma de aprendizagem virtual (Kahoot.it), experimento e jogo pedagógico. As atividades desenvolvidas foram embasadas na teoria de Aprendizagem de David Ausubel segundo Marco Antônio Moreira, tendo como objetivo proporcionar aos alunos um aprendizado significativo. O material produzido foi aplicado no segundo semestre de 2018, em uma turma com 16 alunos do 2º ano do Ensino Médio, em um Colégio da rede pública de ensino do Município de Moreira Sales, Estado do Paraná. Os dados coletados durante a implementação da sequência didática por meio de relatos, questionários, desenvolvimento de atividades, participação dos alunos e diário de bordo do professor permitiram afirmar, por meio de uma abordagem qualitativa, que há indícios de aprendizagem e que o material elaborado é potencialmente significativo, visto o envolvimento e motivação da turma durante as atividades.

Palavras-chave: Termodinâmica. Recursos Metodológicos. Ensino de Física. Aprendizagem Significativa.

SOUZA, Robineide Borges. **DIDACTIC SEQUENCE FOR THE EDUCATION OF THE LAWS OF THERMODYNAMICS AND THERMAL MACHINES.** 2019. 134 fls. Dissertation (Professional Master of Teaching Physics) - Federal Technological University of Paraná, Campo Mourão, 2019.

ABSTRACT

The present study proposes the elaboration and investigation of the pedagogical potential of a didactic sequence involving some methodological resources for the teaching of the Laws of Thermodynamics and Thermal Machines. This material consists of texts with historical focus, use of ICTs such as videos, clippings of films, animations and virtual learning platform (Kahoot.it), experiment and pedagogical game. The activities developed were based on the theory of Learning of David Ausubel according to Marco Antônio Moreira, aiming to provide students with meaningful learning. The material produced was applied in the second semester of 2018, in a class with 16 students of the second year of high school, in a college of the public school system of the Municipality of Moreira Sales, State of Paraná. The data collected during the implementation of the didactic sequence through reports, questionnaires, activity development, student participation and teacher's logbook allowed us to state, through a qualitative approach, that there are signs of learning and that the material elaborated is potentially meaningful, considering the involvement and motivation of the class during the activities.

Keywords: Thermodynamics. Methodological Resources. Teaching Physics. Meaningful Learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Imagem 1 – Garrafa térmica, exemplo de sistema isolado.....	31
Imagem 2 – Geladeira, exemplo de sistema fechado.....	32
Imagem 3 – Geladeira, exemplo de sistema fechado.....	32
Imagem 4 – Teste esquemático da lei zero da Termodinâmica.....	34
Imagem 5 – Sistema formado por um cilindro contendo um gás ideal e munido de um êmbolo.....	36
Imagem 6 – Diagrama do Trabalho dado pelo volume variando e pressão constante.....	38
Imagem 7 – Diagrama do Trabalho dado pelo volume e pressão variando.....	38
Imagem 8 – Esquema de funcionamento de uma máquina térmica.....	39
Imagem 9 – Diagrama pressão versus volume num processo cíclico.....	40
Imagem 10 – Diagrama do Ciclo de Carnot.....	45
Imagem 11 – Máquina térmica confeccionada pelo autor.....	57
Imagem 12 – Máquina térmica confeccionada pelos alunos.....	57
Imagem 13 – Mini barco a vapor confeccionado pelos alunos.....	57
Imagem 14 – Mini usina termoelétrica confeccionada pelos alunos.....	57
Imagem 15 – Uso de TICs em sala de aula.....	59
Imagem 16 – Alunos desenvolvendo lista de atividades.....	59
Imagem 17 – Apresentação de Seminário de algumas equipas.....	59
Imagem 18 – Questões do teste na plataforma Kahoot.it.....	60
Imagem 19 – Alunos participando do jogo.....	67
Imagem 20 – Aluna que não queria participar fazendo uma pergunta	67
Imagem 21 – Tabuleiro, marcadores, dados e cartas com perguntas e respostas do Jogo na Trilha da Termodinâmica.....	68
Quadro 1 – Esquema de organização das atividades do módulo 1 e 2	52
Quadro 2 – Questões trabalhadas no quiz game Kahoot.it.....	61
Quadro 3 – Respostas da questão “Como funciona o motor de um automóvel?” dadas pelos alunos no primeiro e no sexto encontro.....	65
Quadro 4 – Resultado da pesquisa referente ao potencial pedagógico do jogo.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AS	Aprendizagem Significativa
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
DCEs	Diretrizes Curriculares Estaduais
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
UEPS	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	17
3 RECURSOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE FÍSICA	21
3.1 UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS TECNOLÓGICOS NO ENSINO DE FÍSICA.....	21
3.2 O JOGO PEDAGÓGICO COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA.....	22
3.3 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA.....	24
3.4 A UTILIZAÇÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA.....	26
4 UMA INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA TERMODINÂMICA.....	27
4.1 A HISTÓRIA DA TERMODINÂMICA E O ENSINO DE FÍSICA.....	27
4.2 COMPREENDENDO A TERMODINÂMICA.....	29
4.2.1 SISTEMAS TERMODINÂMICOS.....	30
4.2.2 EQUILÍBRIO TERMODINÂMICO E A LEI ZERO.....	33
4.2.3 A 1ª LEI DA TERMODINÂMICA.....	34
4.2.4 TRANSFORMAÇÕES CÍCLICAS.....	39
4.2.5 A 2ª LEI DA TERMODINÂMICA.....	41
4.2.6 MÁQUINAS TÉRMICAS.....	42
4.2.7 CICLO DE CARNOT.....	43
4.3 A TERMODINÂMICA E AS DIRETRIZES CURRICULARES DA EDUCAÇÃO BÁSICA (DCES).....	48
5 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO	48
5.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	49
5.2 ESTRUTURA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	50
5.2.1 PROPOSTA DIDÁTICA.....	50
5.2.2 OBJETIVOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	51
5.2.3 ORGANIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	51

5.2.4 PAPEL DO PROFESSOR NA IMPLEMENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	53
5.2.5 AVALIAÇÃO.....	53
6 RELATO DE EXPERIÊNCIA.....	54
6.1 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	54
6.2 AÇÕES DESENVOLVIDAS E ANÁLISE.....	54
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
REFERÊNCIAS.....	72
APÊNDICES.....	76
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO AVALIATIVO DO JOGO DE TABULEIRO NA TRILHA DA TERMODINÂMICA.....	77
ANEXO	78
ANEXO A – PRODUTO EDUCACIONAL.....	79

1 INTRODUÇÃO

Conforme as Diretrizes Curriculares da Educação Básica de Física (DCEs), a disciplina de Física, compreendida como uma área da Ciência se desenvolveu historicamente sobre os pilares da experimentação, da teoria e da matemática. Porém, o seu desenvolvimento nas escolas resume-se basicamente sobre os aspectos teóricos e matemáticos, sendo que o último tem se mostrado bastante acentuado, ou seja, é dada uma ênfase muito grande sobre esse aspecto, o que faz com que muitos alunos não tenham interesse na disciplina. Infelizmente, ainda encontramos um número muito grande de profissionais que se limitam a pouquíssimos recursos como o quadro negro e o giz.

Para Canovas (2018), quando a disciplina de estudo é vista pelos alunos como vilã e pouco atrativa, como é o caso da Física, o professor precisa encontrar mecanismos que tornem o estudo mais interessante e motivador, pois só assim garantirá uma aprendizagem significativa. Assim, para trabalhar a Termodinâmica de forma significativa, é necessário buscar recursos metodológicos potencialmente significativos, que envolvam os alunos no processo de ensino aprendizagem. Este envolvimento pode ocorrer pelo uso da história da ciência no ensino de Física, a experimentação, as tecnologias de informação e comunicação (TICs) e jogos didáticos.

Assim, vamos utilizar fatos históricos relevantes para o ensino de Física buscando favorecer a aprendizagem dos conceitos estudados na Termodinâmica. Nas últimas décadas, ocorreram iniciativas significativas de aproximação entre a história da ciência e o ensino das ciências. Essa tendência é bastante oportuna devido à crise do ensino contemporâneo de ciências, evidenciada pela evasão de alunos e de professores das salas de aula bem como pelos índices assustadoramente elevados de analfabetismo em ciências.

Segundo as DCEs, a História da Ciência faz parte de um quadro amplo que é a História da Humanidade e, por isso, é capaz de mostrar a evolução das ideias e conceitos nas diversas áreas do conhecimento. Desse modo, propõe-se que o professor agregue, ao planejamento de suas aulas, a História da Ciência, para contextualizar a produção do conhecimento em estudo. Muitos são os argumentos a

favor da História da Ciência, tanto em relação à formação do docente quanto ao ensino escolar.

Para Macedo (2016), na maioria das vezes, a História da Ciência proporcionada aos estudantes do ensino médio sintetiza à biografia de cientistas e ao resumo de sua obra, sem referir os aspectos que conduziram a determinada investigação, quem são os participantes da pesquisa e que contribuições trouxeram a sociedade. Conforme Preto (1985, apud Macedo, 2016) a ciência é apresentada de forma a-histórica, sem considerar a seu processo de construção, passando a visão de depósito, ou seja, lugar onde se arquivam as vidas dos cientistas, bem como seus feitos e suas obras. O Ensino de Física precisa de mudanças, não dá mais para ensinar Física como uma Ciência alicerçada na solução de fórmulas e equações, ensinar o conteúdo pelo conteúdo não induz à compreensão do contexto. Para que o conteúdo ensinado seja significativo, faz-se necessário trabalhá-lo de forma crítica e reflexiva. A maneira como se ensina determina o interesse dos estudantes em compreender a natureza da ciência, assim, percebe-se como sua mudança é importante no processo de ensino e aprendizagem.

Nas últimas décadas, inúmeras pesquisas apontam um resultado positivo quanto ao uso de experimentos como forma de superação das dificuldades encontradas para trabalhar com a disciplina de Física. Como diz as diretrizes curriculares da educação básica de Ciências (pág 76)

A inserção de atividades experimentais na prática docente apresenta-se como uma importante ferramenta de ensino e aprendizagem, quando mediada pelo professor de forma a desenvolver o interesse nos estudantes e criar situações de investigação para a formação de conceitos.

Desse modo, é notório que o ensino de Física necessita dessa importante ferramenta para o enriquecimento das aulas e do conhecimento científico dos alunos. Os experimentos não precisam necessariamente ser realizados em laboratórios, podem ser desenvolvidas na própria sala de aula de forma demonstrativa ou manipulativo como salienta Carvalho (2010)

As interações dos estudantes com o material experimental podem ser somente visuais, quando a experiência é feita pelo professor, em aulas que denominamos de demonstração; ou de forma manipulativa, quando, em pequenos grupos, os alunos trabalham no laboratório (CARVALHO, 2010, p. 53).

Nesse processo, o mais importante é a relação do aluno com os fenômenos físicos, de forma sistematizada, para que possa interagir com os materiais e conseqüentemente observar, questionar e entender os fenômenos em questão. A experimentação funciona como um elo entre o conhecimento científico e o cotidiano, levando o aluno a compreender melhor o meio ao qual está inserido e, para isso será proposto a confecção de máquinas a vapor, e motores de combustão.

Alguns autores sugerem a utilização de atividades experimentais por investigação, pois estas apresentam uma estratégia que permita aos alunos ocuparem uma posição mais ativa no processo de construção do conhecimento participando em todas as etapas da investigação, desde a interpretação do problema até uma possível solução para o mesmo.

As aulas experimentais podem ser empregadas com diferentes objetivos e fornecer variadas e importantes contribuições no ensino e aprendizagem de física. Em geral, tanto alunos quanto professores costumam atribuir às atividades experimentais um caráter motivador.

A experimentação é uma estratégia de ensino que favorece a socialização do aluno, colocando-os em situações nas quais precisam aprender a ouvir a opinião dos colegas. Pode favorecer a criatividade dos alunos das mais diversas formas, levando-os a pesquisarem experimentos que consideram interessantes, estimulando-os a pensar antes da execução sobre possíveis resultados.

As aulas experimentais exigem dos alunos uma atenção cuidadosa aos fenômenos ocorridos durante o experimento, aprimorando sua capacidade de observação.

O raciocínio lógico para interligar informações teóricas e os fenômenos observados experimentalmente, a capacidade de elaborar explicações coerentes, são habilidades que raramente são desenvolvidas nos alunos com o ensino tradicional.

Podemos aliar a esse processo, o uso das tecnologias, se a compreendermos como uma construção humana, historicamente construídas, que expressam relações sociais das quais dependem, mas que também são influenciadas por eles.

A utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) no ensino de Física vem se mostrando bastante eficaz, uma vez que pode contribuir no processo de aprendizagem. É importante salientar sobre o uso desses recursos (recortes de vídeos, simuladores, plataformas virtuais entre outros) que não deve ser usada como

único recurso, mas como ferramenta auxiliar. Podemos destacar ainda algumas vantagens da utilização das TICs em sala de aula como: maior interesse dos alunos, aulas mais atraentes, comunicação audiovisual e maior fixação do conhecimento.

Os jogos didáticos também podem ser usados para estimular os alunos. Segundo Fontes et al. (2016), os jogos didáticos no Ensino de Física podem ser utilizados tanto para introduzir o conteúdo, avaliar a aprendizagem de conceitos, retomar ou sintetizar pontos importantes do conteúdo.

Para Yamazaki; Yamazaki (2014 apud Fontes et al. 2016), os jogos são relevantes uma vez que se constituem como metodologia alternativa que direciona para modificações nos métodos de ensino tradicionais, baseados na transmissão e recepção de conteúdo. Portanto, podem ser elaborados e utilizados relacionando teorias que se mostram relevantes aos comportamentos humanos, levando a discussão entre questões históricas, epistemológicas e sociológicas e questões que se aproximam da realidade educacional.

Levando em conta a relevância da termodinâmica, desde sua descoberta até os dias atuais, este trabalho vem evidenciar a necessidade de elaborar uma sequência didática, que será composta por diferentes atividades investigativas teóricas e experimentais, numa abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Carvalho (2017) relata que no movimento CTS, o propósito de formação para a cidadania tem ganhado relevância. Esse movimento é caracterizado como um movimento social aberto de discussão pública sobre políticas de ciência e tecnologia (C&T). Um dos objetivos do movimento CTS na educação científica, é o de desenvolver valores e conhecimentos que permitam aos alunos à tomada de decisões na sociedade a qual se encontram inseridos. Como exemplo de tomada de decisões podemos descrever a iniciativa de utilizar o conhecimento científico para resolver problemas do cotidiano.

Esta proposta presa por um aprendizado significativo e divertido ao mesmo tempo, que possa levar os alunos a compreender a relação da Termodinâmica no desenvolvimento tecnológico e científico da sociedade contemporânea, bem como conhecer os fatos históricos vinculados a tão importante descoberta. Como a Termodinâmica não é trabalhado no ensino médio numa perspectiva histórica, muitos alunos não sabem o papel que este fato significou no desenvolvimento da sociedade.

2 TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Iniciaremos nossa discussão relembando que durante muitos anos o Ensino das Ciências vem sendo trabalhado, independente dos níveis de escolarização, de forma mecânica, como mera transmissão de conteúdo (ALMEIDA e TERÁN, 2011).

Mediante a essa situação podemos argumentar a importância de o professor estar continuamente buscando uma educação de qualidade que priorize a aprendizagem crítica do aluno. Com o processo de aprendizagem mecânica, os conhecimentos armazenados pelos alunos são facilmente esquecidos, sendo apenas um conhecimento temporal.

É importante destacar que os alunos já chegam na escola com conhecimentos prévios e o papel do professor que é quem detém o conhecimento é sistematizado, é propiciar meios para que os conhecimentos prévios se interajam com os conhecimentos sistematizados, para que possam ser organizados e, por meio dessa interação o aluno obtenha uma aprendizagem significativa.

A teoria de Aprendizagem Significativa (AS), também conhecida como Aprendizagem de Ausubel tem sido uma das mais direcionadas ao ensino de Física. Essa teoria propõe que os conhecimentos prévios dos alunos sejam valorizados, para que possam construir estruturas mentais que permitam descobrir ou redescobrir outros conhecimentos, caracterizando uma aprendizagem eficaz e prazerosa (PELIZZARI, 2002).

Nesses termos Moreira (2010), define a aprendizagem significativa:

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende (MOREIRA, 2010, p. 2).

Segundo Oliveira (2016), David Ausubel ao tratar da aprendizagem significativa, por meio de conceitos, salienta a importância dos elementos subsunçores, que são os conceitos trazidos pelos aprendizes para a aquisição de um novo conhecimento. Em outras palavras os subsunçores são os conceitos prévios mais importantes que irá interagir com a nova informação. Esse conhecimento prévio é que vai fazer a ancoragem com a nova informação e é considerado na teoria ausubeliana como o fator mais influente no processo de ensino.

[...] subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles. (MOREIRA, 2010, p. 2).

Para Moreira e Masini (2006, p. 19), a aprendizagem significativa deve se sobressair em relação a aprendizagem mecânica, dessa forma é necessário que haja conceitos subsunçores que permitirão a ancoragem de novos conhecimentos. Porém, quando estes não existem, a aprendizagem mecânica se faz necessário, pois o indivíduo deve adquirir conhecimento numa área de conhecimento totalmente desconhecida para ele. Estes conhecimentos passarão a ser os subsunçores que permitirão a ancoragem de novas informações.

A aprendizagem significativa, quando ocorre, produz uma série de alterações dentro da estrutura cognitiva modificando os conceitos existentes e formando novas relações entre eles. Por isso, que a aprendizagem significativa é permanente e poderosa, enquanto a aprendizagem mecânica é facilmente esquecida e dificultada quando aplicada em novas situações de aprendizagem ou na solução de problemas. Numa situação de ensino aprendizagem, a tarefa do professor é a de mediação e não de mero transmissor de informações (CARVALHO, 2002).

Para Ausubel, as duas formas de aprendizagem se complementam na medida em que a aprendizagem mecânica pode levar à aprendizagem significativa. Em muitos casos, uma pessoa pode aprender mecanicamente e mais tarde perceber que esse aprendizado está relacionado com algum conhecimento que já domina. Com o passar do tempo, esses conhecimentos ficam mais complexos e são capazes de servir de “âncora” para novos conhecimentos (DARROZ e SANTOS, 2013).

Segundo Moreira (1999 apud Darroz e Santos, 2013), para que ocorra a aprendizagem significativa são necessárias que algumas condições sejam cumpridas. Como já mencionado, é necessária a existência de conceitos subsunçores na estrutura cognitiva do aprendiz. O conteúdo a ser aprendido precisa ter estruturação lógica e ser relacionado com a estrutura cognitiva do estudante, de forma não-arbitrária e não-literal, para que seja considerado potencialmente significativo.

Também se faz necessário que o aprendiz apresente uma disposição para aprender significativamente, para tanto ele não pode ter a intenção de memorizar ou decorar o material. Quando uma dessas condições não for satisfeita, ocorrerá,

segundo Ausubel, uma aprendizagem mecânica. Para facilitar a aprendizagem significativa, Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios, que são materiais a serem propostos antes da utilização do material de aprendizagem, servindo de ponte entre o conhecimento prévio e os assuntos que se pretende ensinar.

Moreira (2014, p. 163), afirma que existem condições para que a aprendizagem significativa proposta por Ausubel ocorra, uma delas é a necessidade de que ideias simbolicamente expressas sejam relacionáveis de forma não literal e não arbitrária ao que o aluno já sabe, ou seja, a algum conhecimento presente na estrutura cognitiva que seja relevante para a compreensão dessa ideia. Assim, para que ocorra uma AS, é preciso que o material utilizado seja potencialmente significativo, isso implica que o material utilizado permite relacionar as ideias à estrutura cognitiva do aluno. Outra condição também é indispensável, a do aluno querer aprender, pois mesmo utilizando matérias potencialmente significativos, se o aluno quiser apenas memorizá-lo, ele estará reproduzindo o processo tradicional. Por outro lado, a aprendizagem significativa só ocorre se o material for potencialmente significativo.

Moreira (2012), explica ainda que o significado está nas pessoas e não nas coisas. Não se pode dizer que materiais instrucionais, livros ou uma aula por exemplo seja significativo. O que se pode dizer é que são materiais potencialmente significativos e para isso devem ter significado lógico e os sujeitos tenham conhecimentos prévios apropriados para dar significado aos conhecimentos conduzidos por esses materiais.

No perspectiva de melhorar o nível de aprendizado dos alunos e mudar o cenário de pouca aceitação do ensino de física, surgem as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), que Moreira (2012, p.67) define como sequências de ensino fundamentadas teoricamente, que visem a aprendizagem significativa, que possa estimular a pesquisa relacionada ao ensino e esteja diretamente voltada à sala de aula.

O autor salienta algumas etapas sequenciais que devem ser seguidas para desenvolver uma UEPS:

- Definir o tópico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais que sejam aceitos no contexto da matéria a qual o tópico possa ser inserido;

- Propor situações que possibilitem a externalização do conhecimento prévio dos alunos, sejam esses conceitos corretos ou não, serão facilitadores da aprendizagem significativa;
- Criar/propor situações que promovam a discussão/debate em sala de aula;
- Apresentar aos alunos o conhecimento a ser aprendido, considerando a diferenciação progressiva, que propõe começar com aspectos mais gerais, que permite a visão do todo, do que é mais relevante, depois passar a exemplificar, abordando aspectos específicos;
- Retomar os aspectos que efetivamente se pretende ensinar do conteúdo em uma nova apresentação, podendo ser através de exposição oral ou de outro recurso, mas que seja em um nível mais elevado de complexidade, pois as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade a fim de promover a reconciliação integradora que nada mais é que a recombinação de elementos previamente existentes na estrutura cognitiva. Os conhecimentos já constituídos na estrutura cognitiva podem ser reconhecidos como relacionados, estes reorganizam-se e adquirem novos significados;
- Finalizar a unidade retomando as características mais relevantes do conteúdo através diferentes recursos. O importante é a forma de trabalhar o conteúdo não a estratégia em si;
- A avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua aplicação e ao final deverá haver uma avaliação somativa e individual;
- Uma UEPS poderá ser considerada eficiente somente se a avaliação do desempenho dos alunos indicar evidências de aprendizagem significativa.

3 RECURSOS DIDÁTICOS NO ENSINO DE FÍSICA

3.1 UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS TECNOLÓGICOS NO ENSINO DE FÍSICA

Ultimamente muito se discute sobre o papel da educação na formação do cidadão, ressaltando-se que a escola precisa com urgência contemplar práticas de responsabilidade social, viabilizando a formação de sujeitos conhecedores da sua própria cultura e participantes do processo de transformação social. É interessante destacar que as tecnologias, através dos inúmeros recursos midiáticos, favorecem na minimização de possíveis problemas de compreensão e desinteresse, oportunizando um aprendizado real e atraente.

Laburú et al. (2003) e Monteiro (2016), defendem a adoção de um pluralismo metodológico para o ensino de Ciências. Como destacam os autores, a aprendizagem é um fenômeno complexo e, portanto, exige estratégias e recursos múltiplos e variados.

Corroborando com os autores Medeiros e Medeiros (2002 apud Monteiro, 2016) destacam que, pelo fato da aprendizagem em Física exigir um elevado grau de abstração, os recursos tecnológicos, apesar de não se conjecturar em solução para as mazelas de se ensinar conceitos científicos, podem ser considerados fortes aliados ao processos de ensino e de aprendizagem.

[...] o uso das novas tecnologias educacionais já ultrapassou a questão do uso de animações e simulações computacionais. Existem outras mídias que podem ser incorporadas como é o caso dos vídeos, dos e-books, das bibliotecas virtuais, entre outros recursos. Nesse sentido, parece inevitável a incorporação de tais recursos no ambiente de sala de aula, tendo em vista o fato de sua utilização no ensino já ser prevista em propostas curriculares oficiais (MONTEIRO,2016).

A utilização de vídeos e outros recursos midiáticos no ensino de Física vem se mostrando eficaz, uma vez que pode contribuir no processo de aprendizagem. É importante salientar sobre o uso de recortes de vídeos, que não deve ser usada como único recurso, mas como ferramenta auxiliar. Ainda, como vantagens de utilização de vídeos em sala de aula podemos destacar: maior interesse dos alunos, aulas mais atraentes, comunicação audiovisual e maior fixação do conhecimento.

Monteiro (2016), salienta ainda que o Programa de Ensino Médio Inovador, cujo objetivo era o desenvolvimento de políticas públicas que produzam mudanças

curriculares e inovação pedagógica para o fortalecimento do Ensino Médio, prevê a oferta de estudo mediante o uso das novas tecnologias de comunicação.

Bzuneck (2009 apud Monteiro, 2016), afirma que a utilização de diferentes recursos em sala de aula, com diferentes tarefas e atividades que admitam o envolvimento dos alunos, evita o aborrecimento e permite a sustentação do processo motivacional imprescindível para a aprendizagem.

Segundo as DCEs (2008), os simuladores são ferramentas virtuais que buscam cada vez mais reproduzir a realidade, ou seja, favorece a compreensão de conceitos e situações difíceis de serem reproduzidas na prática. Esta ferramenta está sendo muito utilizada para fins didáticos. Por meio dela, é possível identificar algumas contribuições, inclusive aspectos motivacionais no processo de ensino e aprendizagem.

Como mencionado acima, os simuladores permitem que façamos simulações de situações experimentais que muitas vezes não é possível realizar no chão de nossas escolas, por diversos motivos que não convém ressaltar no momento. Porém, existem sites que contém inúmeros simuladores que auxiliam nesse processo. O uso de simuladores, vídeos e animações proporciona algumas vantagens, como interatividade e participação mais eficaz dos alunos, sem custo, pouco tempo de duração e os alunos podem trabalhar um experimento com muitas variáveis.

3.2 O JOGO PEDAGÓGICO COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO DE FÍSICA

A proposta de trabalho em questão está pautada na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, a qual, segundo Moreira (2014) é necessário satisfazer algumas condições: 1) o conhecimento prévio do aluno, 2) a utilização de materiais potencialmente significativos e 3) a pré-disposição do aluno em aprender. Embasados somente nessas condições, já temos argumentos satisfatórios para a utilização do Jogo como recurso didático, visto que se configura um material potencialmente significativo e também tende a motivar os alunos por meio do envolvimento destes com a atividade proposta. Ainda, no contexto em que o jogo é apresentado aos alunos, estes já possuem conhecimentos prévios (subsunçores), aos quais o novo conhecimento poderá ser ancorado.

[...] o jogo tem potencial para que os alunos aprendam de forma significativa ao propiciar que os grupos pesquisem e se apropriem do conteúdo de maneira a ir fazendo uma diferenciação progressiva de alguns conhecimentos mais gerais. Por outro lado, no momento do jogo, em si, aparecem inúmeras possibilidades de retomada do todo, momentos em que é possível fazer uma reconciliação integrativa. Estas duas dinâmicas, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são fundamentais na Teoria da Aprendizagem Significativa porque facilitam a interação não arbitrária, não literal do conhecimento novo (aquilo que o professor quer compartilhar) e o conhecimento previamente existente na estrutura cognitiva dos alunos. (RIATTO et al, 2017).

O jogo permite a aperfeiçoamento do conhecimento entre os alunos. Muitas vezes a linguagem entre eles é mais fácil de ser compreendida do que por meio da explicação do professor. Também estabelece relações menos rigorosas do que as aulas formais, permitindo que os alunos possam expor suas ideias, fazendo uso de argumentos que permitam romper com conhecimento arraigados no seu cotidiano que fazem parte do senso comum.

Quando se inverte o ciclo normal do ensino, geram-se consequências positivas, porque durante o jogo, o conhecimento normalmente não tem origem no professor, não segue um canal tradicional professor-aluno. Ao contrário, estabelecem-se relações aluno-aluno, aluno-material instrucional e, desta forma, percebe-se que há uma maior aceitação dos argumentos científicos. Nota-se inclusive que questões bastante controversas, onde o senso comum é muito forte e que dificilmente são aceitas e entendidas durante a aula tradicional, tornam-se mais compreendidas quando são explicadas na voz dos alunos. É como se o professor, às vezes, gerasse uma barreira à compreensão (RIATTO et al, 2017 p. 5).

A utilização do jogo no ensino de Física traz alguns benefícios, uma vez que as atividades lúdicas permitem que os alunos se envolvam com o conteúdo que está sendo explorado, aumentando a motivação destes e ajudando a melhorar a atenção, a disciplina, o autocontrole, o respeito às regras (Rizzo, 1999 apud Riatto, 2017), que são desenvolvimentos essenciais tanto na prática da cidadania como no desenvolvimento do processo ensino-aprendizagem. Ainda, podem ser utilizados para que os alunos aprendam a trabalhar em grupo, propiciando solidariedade entre eles, estimulando o raciocínio, desenvolvendo o senso crítico, a disposição para aprender e descobrir coisas novas.

Para Chassot (2011 p. 72), o professor pode trabalhar o jogo visando minimizar os problemas referentes à fragmentação da Ciência buscando solidificar o processo de alfabetização científica norteado por “uma abordagem interdisciplinar”, na qual a Ciência é estudada de maneira inter-relacionada com a tecnologia e a sociedade.

No ensino de Física, os jogos didáticos podem ser utilizados em sala de aula para introduzir ou ilustrar aspectos importantes do conteúdo desenvolvido; avaliar a aprendizagem de conceitos; revisar ou sintetizar pontos relevantes do conteúdo e inclusive avaliar. Conforme Pereira et al (2009, p.16), para se construir um bom jogo educativo é necessário dominar os referenciais teóricos do conteúdo implícito no jogo, ser capaz de relacioná-los a situações concretas e atuais, pesquisar e avaliar os recursos didáticos favoráveis às situações de ensino-aprendizagem.

Para Pereira (2009, p.15) no que diz respeito à Física, os jogos apresentam grande potencial para despertar o interesse dos alunos pelos conteúdos, principalmente porque os jogos abordam tal conteúdo dentro de um ambiente lúdico, propício a uma melhor aprendizagem, totalmente diferente das salas de aula, que na maioria das vezes, são expositivas, transformando-se em um ambiente impróprio para a criatividade e aprendizagem significativa dos alunos.

O trabalho com jogos no processo educativo permite o desenvolvimento das funções cognitivas, podendo gerar potencialidades no ensino da Física. Por meio do jogo ocorre a interação do aluno com o conteúdo, o qual tem sua curiosidade aguçada. Este representa uma atividade motivadora, desafiante, que encaminha para o desenvolvimento do raciocínio e da socialização.

3.3 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA

A disciplina de Física é parte integrante do conhecimento de Ciências da Natureza e estuda os fenômenos naturais, buscando analisar e explicar além dos conteúdos relacionados à energia e matéria, o comportamento do mundo em todos seus aspectos. Para compreender esses e muitos outros fenômenos, é necessário que o aluno se empenhe intelectualmente para compreender as teorias elaboradas que os expliquem (Diretrizes Curriculares Nacionais de ciências, 2008).

Sabe-se que a aprendizagem é um processo individual, criativo, emocional e racional (THOMAZ, 2000), sendo assim, cabe ao aluno se responsabilizar pela sua aprendizagem e ao professor o ato de mediar de forma intencional, para que os novos conhecimentos sejam construídos por ele. Mas, como mediar de forma intencional este conhecimento?

O resultado de inúmeras pesquisas, vem mostrando a importância do uso de experimentos, como forma de superação das dificuldades encontradas para trabalhar com a disciplina de Física, além de estar divulgando a verdadeira condição em que esse ensino se encontra no país.

Como diz as diretrizes curriculares da educação básica de Ciências (pág. 76).

“A inserção de atividades experimentais na prática docente apresenta-se como uma importante ferramenta de ensino e aprendizagem, quando mediada pelo professor de forma a desenvolver o interesse nos estudantes e criar situações de investigação para a formação de conceitos”.

Diante disso, tem-se a certeza de que o ensino de Física necessita dessa importante ferramenta para o enriquecimento das aulas e do conhecimento científico dos alunos. Esses experimentos não precisam somente ser realizados em laboratórios, eles podem ser realizados em sala de aula de forma demonstrativa ou manipulativo como salienta Carvalho (2010):

“As interações dos estudantes com o material experimental podem ser somente visuais, quando a experiência é feita pelo professor, em aulas que denominamos de demonstração; ou de forma manipulativa, quando, em pequenos grupos, os alunos trabalham no laboratório” (CARVALHO, 2010, p. 53).

O importante nesse processo é que o aluno está se relacionando com os fenômenos físicos, de forma sistematizada, para que possa interagir com os materiais e conseqüentemente observar, questionar e entender os fenômenos naturais.

Segundo Vilatorre (2009), o processo de aprendizagem é visto como um processo de enculturação ou de apropriação de um discurso. A enculturação é definida como “processo de apropriação do conhecimento científico”, e o aprender ciência como a “apropriação do discurso científico”. Logo, a aprendizagem acontece no momento da argumentação, onde se reestrutura o conhecimento científico do aluno, a partir da negociação de ideias, reelaborando um novo discurso. É, porém por meio do discurso que se abre espaço ao conhecimento do aluno.

Deve-se levar em consideração, que o mesmo experimento “simples ou tradicional” pode produzir um conhecimento significativo, desde que, haja um planejamento, e que este seja transformado em algo importante dentro das estratégias selecionadas pelo professor.

Trabalhar com aulas experimentais no ensino de Física, se bem planejadas, constituirá de um estímulo para a argumentação dos alunos, que acontecerá à medida que eles confrontarem, concordarem e compartilharem opiniões, informações e verificações. O professor deve intermediar a linguagem a ser compartilhada, pois será através dela que se estruturará o pensamento científico que leva à apropriação do conhecimento científico.

Segundo Valadares (2001), o ponto de partida para o aprendizado é a construção do conhecimento pelos alunos e para os alunos, onde o papel do professor é o de facilitador do processo pedagógico. Compreendendo o papel de facilitador do professor, como o de responsável pela preparação do ambiente para que a construção do conhecimento aconteça.

Cabe ao professor, pensar e preparar estratégias e situações que o aprendizado possa fluir, onde docentes e discentes possam construir, a partir de bases sólidas, o conhecimento útil para a vida de ambos.

3.4 A UTILIZAÇÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA

Ocorreram iniciativas significativas de aproximação entre a história da ciência e o ensino das ciências nos últimos tempos. Essa tendência é bastante oportuna devido à crise do ensino contemporâneo de ciências, evidenciada pela evasão de alunos e de professores das salas de aula bem como pelos índices assustadoramente elevados de analfabetismo em ciências.

Segundo as DCEs (2008), a História da Ciência faz parte de um quadro amplo que é a História da Humanidade e, por isso, é capaz de mostrar a evolução das ideias e conceitos nas diversas áreas do conhecimento.

Em Física, essa evolução traçou um caminho pouco linear, repleto de erros e acertos, de avanços e retrocessos típicos de um objeto essencialmente humano, que é a produção científica.

Essa história deve, também, mostrar a não-neutralidade da produção científica, suas relações externas, sua interdependência com os sistemas produtivos, enfim, os aspectos sociais, políticos, econômicos e culturais desta ciência.

O que se propõe é que o professor agregue, ao planejamento de suas aulas, a História da Ciência, para contextualizar a produção do conhecimento em estudo.

Muitos são os argumentos a favor da História da Ciência, tanto em relação à formação do docente quanto ao ensino escolar.

A abordagem histórica dos conteúdos se apresenta útil e rica porque auxilia os sujeitos a reconhecerem a ciência como construção humana, o que pode tornar o conteúdo científico mais interessante e compreensível, aproximando a ciência do estudante.

Ainda de acordo com as DCEs (2008), o ensino das ciências possibilita aos estudantes perceber como as teorias atualmente aceitas se constituíram e, dessa forma, apreciar o significado cultural e a compreender a validação dos princípios e teorias científicas à luz dos tempos em que foram aceitas. Tal ensino permite, também, refletir sobre o passado para compreender o presente e se preparar para o futuro, numa sociedade científica e tecnologicamente avançada como, cada vez mais, é a que estamos vivendo.

4 UMA INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA TERMODINÂMICA

4.1 A HISTÓRIA DA TERMODINÂMICA E O ENSINO DE FÍSICA

Como conta a história, o período que se refere aos séculos XVIII e XIX correspondem, segundo Rocha (2002 apud Macedo, 2016), a uma fase de intensas mudanças sociais e econômicas, na Europa, consolidadas com a afirmação do modo de produção capitalista. Para Abrantes (1989 apud Macedo, 2016), a materialização do capitalismo, na segunda metade do século XVIII, aliou as máquinas a vapor à indústria, alterando as formas de produção de bens, cooperando assim para grandes modificações sociais e tecnológicas. Assim, podemos perceber uma estreita relação entre os conhecimentos da Termodinâmica e o desenvolvimento sócio econômico da humanidade.

A primeira revolução industrial se deu mais com conhecimento técnico do que científico. E é nesse contexto social e econômico que a Termodinâmica veste sua identidade. A procura para compreender a ciência do calor, de como atuar para aproveitar essa forma de energia integralmente e a busca de alcançar uma eficiência maior das máquinas térmicas, fez com que técnicos e cientistas se unissem. E, através

de pesquisas, estudos, testes e aplicações que são situadas as Leis da Termodinâmica e definições importantes são apresentadas, como a do calor, que passa a ser compreendido como energia térmica, capaz de se transformar em energia mecânica, ou seja, passando a realizar trabalho (movimento).

Para Medina e Nisenbaum (2009), das diversas formas de energia, a que mais deslumbrava os cientistas na metade do século XIX era a capacidade de converter calor em movimento por meio das Máquinas Térmicas, uma vez que o princípio de funcionamento destas máquinas é muito simples, basta aquecer um gás para que ele se expanda. Historiadores contam que provavelmente a primeira máquina a vapor que se tem relatos foi a desenvolvida por Heron de Alexandria, em torno dos anos 50 d.C. Segundo Medina e Nisenbaum (2009), Heron de Alexandria percebeu que o ar ocupava mais espaço quando aquecido e este poderia ser utilizado para realizar movimento (força mecânica) e ativar diversos mecanismos como abrir portas de forma misteriosa, utilizando de fornos colocados nos altares dos templos. Essa descoberta ficou esquecida por muito tempo e somente em 1600, Giovanni Della Porta trouxe-os à tona com muito sucesso. O famoso Leonardo da Vinci, fez uso dessas descobertas, ele usou vapor de água para criar movimentos. Várias descobertas significativas do pintor e inventor não foram desenvolvidas em virtude da ausência de equipamentos mecânicos que pudessem realizar trabalho. Uma vez que, o trabalho desenvolvido por homens ou animais era restrito, brando e irregular.

Para se ter uma ideia desta limitação, considere o motor de um automóvel de pequeno porte com, digamos, cerca de 60 cavalos de potência. Isto é equivalente aproximadamente ao trabalho de 420 homens. A máquina voadora de Leonardo da Vinci poderia ter sido um sucesso se houvesse uma fonte de potência com 50 cavalos (cerca de 350 homens) MEDINA E NISENBAUM (2009).

Esses dados permitem entender o quanto a descoberta das máquinas térmicas contribuiu para o desenvolvimento tecnológico e social da época. Foi um subsídio que sistematizou o uso do calor para o avanços significativos aplicado em diferentes áreas.

Por volta do ano de 1700, Thomas Savery produziu, com base nas propriedades do vapor d'água, uma bomba para retirar a água das minas de carvão da Inglaterra, minimizando um dos grandes problemas da época. O equipamento de Savery não era, rigorosamente falando, um motor, pois não possuía partes móveis. Esse mérito teve o equipamento desenvolvido por Thomas Newcomen em 1705, no qual já se observa a existência de um pistão

móvel. Foi um grande sucesso comercial, embora as válvulas devessem ser abertas e fechadas manualmente o tempo todo. A história conta que em 1713, um rapaz chamado Humphrey Potter, que foi contratado para fazer esse trabalho, desenvolveu um sistema automatizado para aquele fim. O próprio movimento da máquina de Newcomen acionava as válvulas. Infelizmente, os serviços profissionais do jovem Potter não foram mais necessários e ele perdeu o emprego. Ele criou, o primeiro sistema automatizado de controle de processos (MEDINA E NISENBAUM, 2009).

Porém, foi em 1763, que um brilhante engenheiro chamado James Watt, percebeu que havia um grande desperdício de vapor (que custava dinheiro para ser produzido). Como trabalhava na Universidade de Glasgow, Inglaterra, conheceu o famoso cientista Joseph Black, que o ajudou a compreender as propriedades do vapor d'água. Os dois modificaram os projetos anteriores e conseguiram produzir máquinas melhores, capazes de acionar moinhos, movimentar trens, máquinas têxteis e também bombear água (MEDINA E NISENBAUM, 2009).

Esta também foi a preocupação de Sadi Carnot no século XIX, que buscou aperfeiçoar as máquinas térmicas e aumentar seu rendimento, fato este que garantiu o desenvolvimento tecnológico durante a Primeira Revolução Industrial.

O sucesso da primeira Revolução Industrial na Grã-Bretanha se deve, em grande parte, ao uso dessas máquinas térmicas a vapor. A busca pelo aperfeiçoamento das máquinas térmicas levou o cientista francês Sadi Carnot (1796-1832) a desenvolver em 1824 toda uma teoria para explicar o rendimento, ou seja, o quanto de calor a máquina transformava em trabalho. Foi um momento histórico. Antes disso, as tentativas de melhorar o rendimento das máquinas eram na base da tentativa e do erro. O trabalho de Carnot teve como fundamento o método científico. A partir das suas observações e nas de outros cientistas, Carnot criou um modelo teórico para as máquinas térmicas e descobriu qual deveria ser a maneira mais eficiente de transformar calor em movimento, e deu certo. A prática confirmou a teoria (MEDINA E NISENBAUM, 2009).

As máquinas térmicas estão presentes em nosso cotidiano. Por meio da ideia de converter calor em trabalho, foram criadas muitas outras invenções. Uma delas foi a invenção dos motores de combustão interna, que aproveitam melhor o calor, evitando grandes perdas para o meio externo.

4.2 COMPREENDENDO A TERMODINÂMICA

Compreender a Termodinâmica não é um processo tão simples, pois cuida das propriedades da matéria em situações em que a temperatura e o calor não podem ser desprezados. Tipler (1995), define a termodinâmica como o estudo dos processos

de transferência de energia entre corpos macroscópicos e que envolvem a temperatura. A termodinâmica é formulada em termos de variáveis macroscópicas, assim, não leva em conta a estrutura microscópica da matéria. Tem como propósito definir as variáveis de estado, que caracterizam as propriedades macroscópicas da matéria.

Segundo Halliday (2013), um dos principais ramos da física e da engenharia é a termodinâmica, o estudo das leis que regem a relação entre calor e outras formas de energia. Assim podemos identificar a termodinâmica como uma área de estudo muito presente em nosso cotidiano, uma vez que estuda a conversão de calor em energia mecânica ou vice-versa. Em uma linguagem mais simples, Xavier e Barreto (2016), afirma que a Termodinâmica trata das relações entre calor e trabalho produzidos em processos físicos nos quais um sistema não isolado interage com o meio externa. Nesse caso, o calor pode ser convertido em trabalho e este, pode se transformar em calor.

Para Young (2013), toda vez que você dirige um carro, liga um ar condicionado ou usa um eletrodoméstico, você está usufruindo dos benefícios práticos da termodinâmica, o estudo das relações envolvendo calor, trabalho mecânico e outros aspectos da energia ou conversão entre tipos de energia.

A termodinâmica é formada por quatro leis, as quais conhecemos como lei zero, primeira, segunda e terceira lei da termodinâmica. De acordo com Savi e Colucci (2010), cronologicamente somente a terceira lei foi corretamente enumerada. A segunda começou a ser formulada em 1824, por Sadi Carnot. Sua forma final foi enunciada por Clausius em 1850. A primeira lei surgiu logo depois com os trabalhos de Mayer, embasadas nas experiências de Joule. A terceira lei apareceu em seguida com os trabalhos de Nernst, no início do século XX. E a lei zero foi estabelecida somente 20 anos depois.

Neste trabalho trataremos somente de três leis, Lei Zero, Primeira e Segunda Lei da Termodinâmica, visto que são estas que abordamos no Ensino Médio.

4.2.1 SISTEMAS TERMODINÂMICOS

Para compreender e aplicar as leis da termodinâmica é necessário conhecer o que está sendo estudado e a linguagem específica. Dessa forma é necessário limitar

o ambiente a ser estudado e na termodinâmica esse limite é dado por um sistema. Para Gregio (2016), um sistema termodinâmico consiste na parte do universo que está sendo estudado. Ele é delimitado por uma fronteira, que é uma superfície, concreta ou abstrata. Uma fronteira pode ser fixa ou móvel. As demais partes do universo, que estão fora da região delimitada pela fronteira, correspondem a vizinhança do sistema. Os sistemas podem ser classificados em isolados, fechados e abertos, considerando os tipos de paredes que o delimitam.

Sistemas isolados são aqueles que estão impedidos de qualquer tipo de interação com suas vizinhanças. Não trocam calor e nem matéria com o ambiente, pois suas paredes são impermeáveis, ou seja, o impedimento da troca de energia na forma de calor se dá por meio de paredes adiabáticas. Essas paredes são construídas com material cujo isolamento térmico é perfeito. Como exemplo temos uma garrafa térmica ideal ou se considerarmos um intervalo de tempo pequeno uma garrafa térmica comum (figura 1), essas não trocam massa e nem calor com o ambiente, sendo denominados de sistema isolado ou adiabático.

Figura 1: Garrafa térmica, exemplo de sistema isolado (adiabático).



Fonte: Autora (2018).

Quanto aos sistemas fechados, nestes são permitidas a troca de energia na forma de calor com a vizinhança, sendo impossível a troca de partículas. Podemos citar como exemplo uma geladeira (figura 2), quando se mantendo a porta fechada, ela não troca matéria com a vizinhança, no entanto permite a troca de calor no exterior

com o radiador localizado na parte traseira da geladeira e recebe energia elétrica. A geladeira mantém a temperatura do seu interior constante ($\Delta T = 0$), assim é denominada de sistema fechado ou isotérmico.

Figura 2: Geladeira, exemplo de sistema fechado (isotérmico).



Fonte: Autora (2018).

Em um sistema aberto é permitida tanto a troca de energia como de massa. Vamos tomar como exemplo uma panela de pressão (figura 3) que troca calor com o meio ambiente por meio de sua parede metálica e perde matéria em forma de vapor através de sua válvula de pressão.

Nesse caso a pressão permanece constante ($\Delta p=0$). Um sistema com pressão constante é denominado sistema aberto ou isobárico.

Figura 3: Panela de Pressão, exemplo de sistema aberto (isobárico).



Fonte: Autora (2018)

4.2.2 EQUILÍBRIO TERMODINÂMICO E A LEI ZERO

De acordo com Savi e Colucci (2010), um sistema fechado tende ao estado de equilíbrio termodinâmico com o passar do tempo. O intervalo pode variar de frações de segundo até valores que atingem minutos, ou horas ou mesmo tempos maiores. Percebe-se, que o conceito de tempo é bastante relativo: ele é determinado pelas características de cada sistema e está vinculado ao tempo de medição que efetuamos dos parâmetros termodinâmicos.

Para que um sistema esteja em equilíbrio termodinâmico, três condições devem ser satisfeitas:

- (1) O sistema deve estar em equilíbrio mecânico e livre de qualquer força ou torque externos;
- (2) O sistema deve estar em equilíbrio químico. Nenhuma reação pode estar ocorrendo;
- (3) As propriedades mensuráveis do sistema devem ser espacialmente uniformes e não podem variar com o tempo.

Entretanto, a condição (3) deve ser considerada com certo cuidado quando tratamos com sistemas heterogêneos. Por exemplo, certo volume fechado, contendo líquido e seu vapor, está em equilíbrio termodinâmico desde que ambas as fases satisfaçam as condições de equilíbrio. Porém, a uniformidade espacial não se cumpre nesse caso. Em relação às propriedades mensuráveis, deve-se entender, por exemplo, que a temperatura é uniforme em todo e qualquer ponto do sistema.

Temperatura é uma variável de estado especialmente introduzida para a Termodinâmica e sua definição está intimamente relacionada com o conceito de equilíbrio térmico. Igualdade de temperatura entre dois sistemas é a condição para que exista equilíbrio térmico entre eles. Equilíbrio térmico é sinônimo de igualdade de temperatura entre dois sistemas termodinâmicos.

Existe uma lei análoga em Termodinâmica, que indica o equilíbrio térmico entre os corpos. Esse fato, muitas vezes conhecido como a lei zero da Termodinâmica, pode ser enunciado da seguinte forma: todos os sistemas que estão em equilíbrio térmico com um dado sistema, estão em equilíbrio térmico entre si.

Se considerarmos as relações

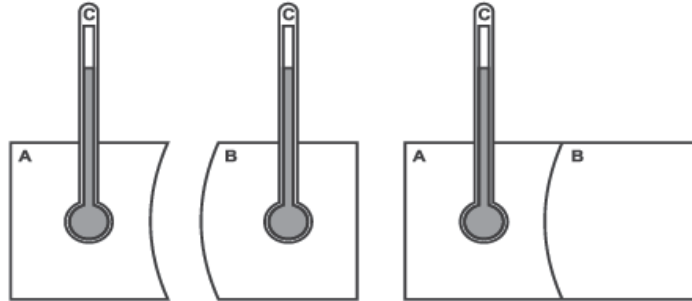
$$T_A = T_{\text{referência}}, T_B = T_{\text{referência}}, \dots, T_N = T_{\text{referência}}, \text{ então, } T_A = T_B = \dots = T_N.$$

Onde T_A representa a temperatura de um corpo A; T_B , a temperatura de um corpo B; $T_{\text{referência}}$ é a temperatura de um corpo de referencia que pode ser conhecida. Se tivermos N corpos com temperaturas iguais, significam que todos estão em equilíbrio térmico.

Essa igualdade não se refere a qualquer escala termométrica em particular, porém, se fizermos determinada escolha por uma delas, todas as leituras devem ser conduzidas usando essa mesma escala.

Portanto, sistemas que estão em equilíbrio térmico entre si possuem uma propriedade intensiva comum, que chamamos de temperatura. Assim, sistemas que não estão em equilíbrio térmico entre si, têm temperaturas diferentes. A Termodinâmica não se refere ao tempo para que dois corpos entrem em equilíbrio térmico: as atenções estão voltadas para o estado inicial e final do processo. A figura 4 mostra o equilíbrio térmico entre dois corpos, A e B, aferido pelo uso de uma escala termométrica.

Figura 4: Teste esquemático da lei zero da Termodinâmica.



Fonte: Savi e Colucci (2010).

4.2.3 A 1ª LEI DA TERMODINÂMICA

A conservação da energia em sistemas termodinâmicos é expressa por meio da 1ª lei da Termodinâmica. Em outras palavras, podemos definir como o princípio da conservação de energia aplicada à termodinâmica, o que torna possível prever o comportamento de um sistema gasoso ao sofrer uma transformação termodinâmica.

Ao analisar o princípio da conservação de energia ao contexto da termodinâmica temos que um sistema não pode criar ou consumir energia, mas apenas armazená-la ou transferi-la ao meio onde se encontra, como trabalho, ou

ambas as situações simultaneamente, então, ao receber uma quantidade Q de calor, esta poderá realizar um trabalho W e aumentar a energia interna do sistema ΔU .

Dizemos assim que existe uma função U (energia interna) onde a variação durante uma transformação depende exclusivamente de dois estados, inicial e final. Em um sistema fechado, esta variação é dada como:

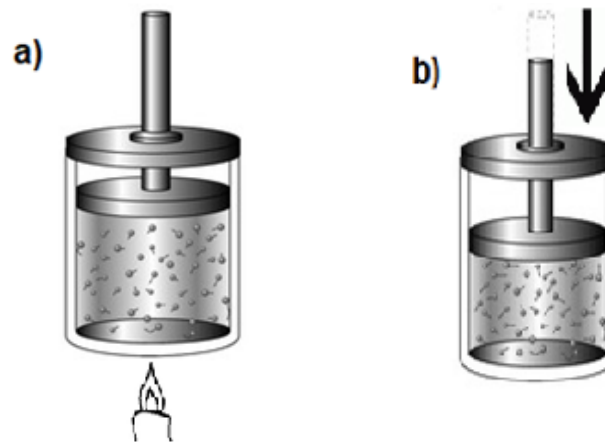
$$\Delta U = Q - W \quad (1a)$$

Onde Q é a quantidade de calor recebido pelo sistema; W é o trabalho realizado. A energia interna é definida como a soma das energias cinéticas e de interação de seus constituintes. Este princípio enuncia, então, a conservação de energia independente do percurso escolhido.

Para melhor compreender, vamos pensar em como é possível aumentar a energia interna de um sistema observando a figura 5. Existem maneiras de aumentar a temperatura e a energia interna do gás contido num recipiente. A primeira ideia é aquecer um sistema formado por um cilindro contendo um gás ideal e munido de um êmbolo (a); considere que esse êmbolo possa se deslocar livremente sem atrito. Nesse caso, o gás recebe calor do ambiente e expande seu volume. A segunda, e menos óbvia (b), é a compressão do gás, ou seja, realizar trabalhos sobre o gás, fazendo com que seu volume diminua. Em geral, na compressão há o aumento da temperatura e da energia interna, porém esses exemplos não são absolutos, há casos em que a compressão não leva a um aumento da temperatura, mas ajudam a compreender que existe uma relação entre as grandezas.

Do mesmo modo, podemos pensar sobre o que acontece quando fornecemos uma quantidade de energia em forma de calor para a um sistema. Parte dessa energia pode ser transformada em trabalho, fazendo o gás expandir, e parte é absorvida e convertida em energia interna.

Figura 5: Sistema formado por um cilindro contendo um gás ideal e munido de um êmbolo.



Fonte: <http://educacao.globo.com/fisica/assunto/termica/termodinamica.html>

Por meio desses exemplos, podemos verificar que a energia interna de um gás, o trabalho realizado ou sofrido por ele e o calor trocado pelo ambiente estão interconectados e que a expressão (1a) que os relaciona pode também ser escrito da seguinte forma:

$$Q = \Delta U + W \quad (1 b)$$

Essa é a primeira lei da Termodinâmica e nela está implícita a seguinte convenção de sinais:

$\Delta U > 0$: a energia interna do sistema aumenta.

$\Delta U = 0$: a energia interna do sistema não varia, mantém-se constante (isotérmica).

$\Delta U < 0$: a energia interna do sistema diminui.

$Q > 0$: o sistema recebe calor do ambiente.

$Q = 0$: o sistema não troca calor com o ambiente (adiabática).

$Q < 0$: o sistema sede calor para o ambiente.

$W > 0$: trabalho realizado pelo sistema (expansão do gás).

$W = 0$: não há trabalho realizado nem pelo sistema nem pelo ambiente (isométrica).

$W < 0$: trabalho realizado pelo ambiente sobre o sistema (compressão do gás).

Os conceitos de trabalho e calor estão intimamente relacionados. A forma mais intuitiva e prática de se introduzir o trabalho é através da mecânica utilizando-se uma força F , agindo sobre uma partícula quando ela se desloca de uma quantidade

d, o trabalho W , realizado por essa força F é dado pelo produto escalar entre a força e o deslocamento:

$$W = F \cdot d \quad (2)$$

É importante lembrar que o trabalho e pressão se relacionam com a força pelas equações (2) e (3):

$$p = \frac{F}{A} \quad (3)$$

Assim podemos determinar o trabalho W realizado para levar o sistema de um estado 1(p , V_1 , T_1) para o estado 2(p , V_2 , T_2), sob pressão constante:

$$W = F \cdot d \quad \text{ou} \quad W = p \cdot A \cdot d$$

Logo podemos escrever:

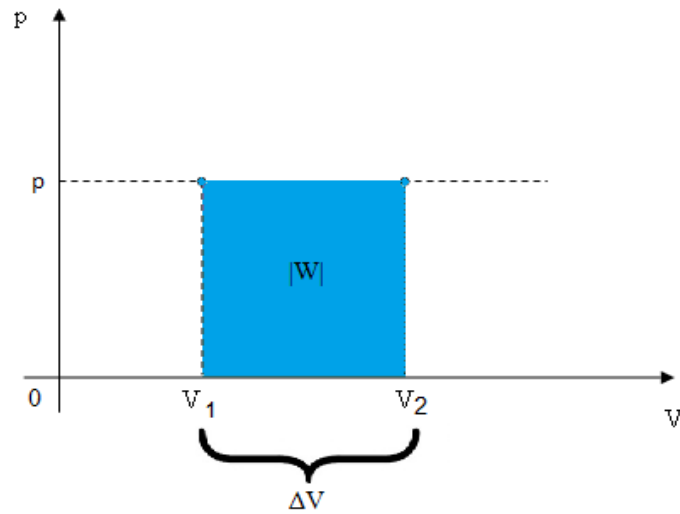
$$W = p \Delta V = p (V_2 - V_1) \quad (4)$$

Outra forma de obter o valor total do trabalho realizado pelo ou sobre o gás é com o auxílio do gráfico da pressão em função do volume de um gás, conhecido também como diagrama do trabalho. A área sob a curva ($p \times V$) é numericamente igual ao trabalho realizado.

$$A = |W| \quad (5)$$

Quando a pressão se manter constante, o módulo do trabalho é dado pela área da figura (figura 6).

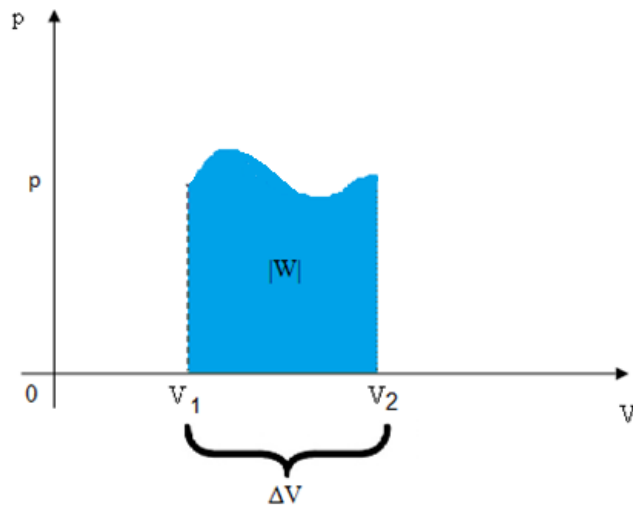
Figura 6: Diagrama do Trabalho dado pelo volume variando e pressão constante.



Fonte: Autora (2018).

Em caso de variação da pressão (figura 7), o trabalho corresponde a área da figura e seu valor numérico poderá ser obtido por meio do cálculo da integral.

Figura 7: Diagrama do Trabalho dado pelo volume e pressão variando.



Fonte: Autora (2018).

Isso acontece quando a partícula se desloca de uma quantidade não infinitesimal ao longo de uma curva especificada, os trabalhos infinitesimais devem ser somados, isto é, devemos realizar uma integração (que deve ser feita ao longo de um caminho previamente escolhido, ligando o ponto inicial e o final). Podemos, então, escrever para o trabalho total:

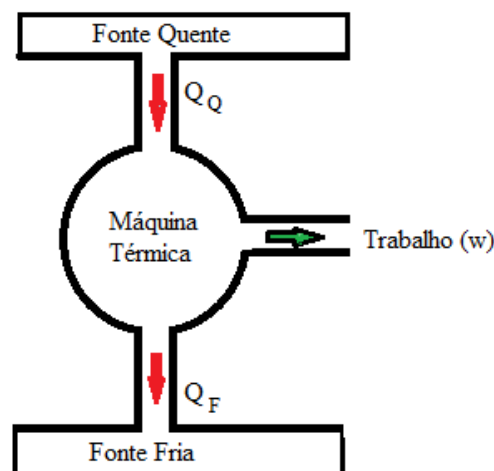
$$W_{A \rightarrow B}^F = \int_A^B dW = \int_A^B \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s} \quad (6)$$

4.2.4 TRANSFORMAÇÕES CÍCLICAS

Por meio da figura 8, podemos verificar que máquinas térmicas funcionam em ciclos entre duas fontes de diferentes temperaturas, retirando calor da fonte quente, transformando parte dele em trabalho útil (energia mecânica), e transferindo para uma fonte fria, parte do calor. Em outras palavras, as transformações cíclicas têm a característica de, ao final de cada ciclo, retornar ao estado inicial. Além de etapas intermediárias, pelo menos duas devem ocorrer: uma etapa onde a máquina recebe calor convertendo-o em trabalho e outra em que cede calor para teoricamente retornar ao estado inicial.

Esquematizando uma máquina térmica, como podemos observar na figura 8, a partir de duas fontes de calor, uma com temperatura alta e outra com temperatura baixa, percebemos que a fonte quente cede calor Q_Q para a máquina térmica. Essa, por sua vez, transforma parte do calor em trabalho, e entrega o calor restante Q_F para a fonte fria.

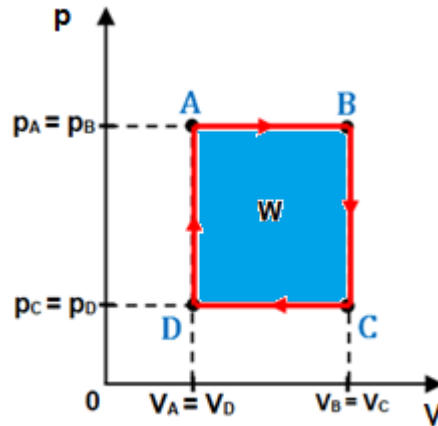
Figura 8: Esquema de funcionamento de uma máquina térmica.



Fonte: Autora (2018).

Considerando o diagrama da figura 9, temos a representação de uma amostra de gás perfeito que realiza uma transformação cíclica saindo do estado A, passando pelos estados intermediários B, C e D e retornando ao estado inicial A.

Figura 9: Diagrama pressão versus volume num processo cíclico.



Fonte: Autora (2018).

Do estado A para o estado B, a pressão permaneceu constante (ocorreu uma transformação isobárica); já de B para C foi o volume que permaneceu constante (ocorreu uma transformação isovolumétrica); e de C para D a pressão permanece constante (transformação isobárica). E, para fechar o ciclo, o gás retorna ao ponto A com o volume constante, por meio de uma transformação isovolumétrica.

Como o estado final do gás é o mesmo que o estado inicial, temos que a variação da energia interna sofrida pelo gás é nula: $\Delta U = 0$

Vimos na primeira lei da Termodinâmica que: $\Delta U = Q - W$

Como $\Delta U = 0$

Temos que $0 = Q - W$

Logo $W = Q$

Quando $W = Q$, significa que o trabalho realizado pelo gás numa transformação cíclica corresponde à quantidade de calor fornecida ao sistema.

Esse resultado é muito relevante, pois mostra que em um ciclo completo o trabalho é totalmente convertido em calor ou vice-versa. O sentido dessa conversão, de fato, é dado pelo sentido da execução do ciclo no diagrama $p \times V$.

Quando o ciclo é executado no sentido horário, o trabalho é positivo, ou seja, há conversão de calor em trabalho. Como exemplo da importância desse ciclo nas máquinas térmicas, podemos indicar as máquinas a vapor.

Quando o ciclo é executado no sentido anti-horário, o trabalho é negativo, ou seja, o trabalho é convertido em calor. Isso significa que o ambiente exerce um trabalho sobre o gás, que ao perder calor está aquecendo o ambiente. Esse ciclo é importante nas máquinas frigoríficas, é o caso da geladeira, ar condicionado entre outros.

Enunciamos assim, a segunda lei da termodinâmica:

“É impossível construir um dispositivo térmico, que operando em ciclos, transforme integralmente em trabalho todo calor que recebe”.

4.2.5 A 2ª LEI DA TERMODINÂMICA

A primeira lei da termodinâmica coloca uma restrição quantitativa no processo de conversão de energia. As transformações podem alterar a forma, mas não a quantidade de energia. A segunda lei impõe limites sobre os processos de conversão de calor em trabalho. O resultado da segunda lei é que a completa conversão de calor em trabalho é impossível. Deve-se, entretanto, observar que não existe nenhuma objeção em converter qualquer quantidade de trabalho em calor, mas note que o inverso não é possível.

Historicamente, o conteúdo da termodinâmica começou com o estudo das propriedades básicas de máquinas térmicas. Entende-se por máquina térmica qualquer dispositivo que, operando em ciclos, absorva calor, converta parte dele em trabalho, e rejeite o restante. Colocada em termos da limitação das máquinas térmicas, a segunda lei pode ser estabelecida dizendo-se que nenhuma delas pode absorver calor e convertê-lo integralmente em trabalho. Essa é a orientação prática da segunda lei.

A ciência da termodinâmica teve início com a análise do problema de como se construir a melhor e mais eficiente máquina térmica. Essa tarefa foi realizada de forma brilhante pelo engenheiro francês Sadi Carnot, e esse é um dos poucos casos onde a engenharia tem contribuído fundamentalmente para a teoria física. No período em que Carnot viveu, a primeira lei da termodinâmica (conservação da energia) não

era conhecida. Entretanto, os argumentos de Carnot foram tão cuidadosamente desenvolvidos, que eles são válidos mesmo embora a primeira lei não tivesse sido estabelecida. Algum tempo depois, Clausius elaborou uma maneira mais simples que seria compreendida mais facilmente do que a do raciocínio sutil de Carnot. Mas descobriu-se que Clausius supôs, não a conservação da energia, mas que o calor era conservado de acordo com a teoria do calórico, que logo depois mostrou ser falsa. Muitas vezes afirmam que a lógica de Carnot estava errada. Mas ela estava correta, e, somente a versão simplificada de Clausius estava incorreta. Assim, a segunda lei da termodinâmica foi, então, descoberta antes da primeira, e seria interessante usar os argumentos de Carnot. Porém, para fins pedagógicos continuaremos nossos estudos partindo da primeira lei, embora se possa obter resultados consistentes sem sua utilização.

Estudar as máquinas térmicas só pela importância tecnológica já seria bastante pertinente, pois graças a ela ocorreu a revolução industrial, mas ainda temos mais motivos para nos convencer disso, trata-se de um dos principais ramos da Física.

4.2.6 MÁQUINAS TÉRMICAS

Máquinas Térmicas são dispositivos que operando em ciclos termodinâmicos,

- (1) Realizam algum trabalho líquido à custa da transferência de calor de um corpo a uma temperatura elevada para outro a uma temperatura mais baixa; ou,
- (2) Transferem calor de algum corpo que está a uma temperatura baixa para outro a uma temperatura mais elevada à custa de um trabalho externo.

No funcionamento de um motor térmico o combustível é transformado em energia, na forma de calor, parte dessa energia faz com que um móvel se locomova e outra parte é transferida para o ar atmosférico. Já em um refrigerador a energia elétrica é utilizada na forma de trabalho, para transferir calor de um lugar que está frio, dentro do refrigerador, para um local que está mais quente, o ambiente da cozinha.

De acordo com a Primeira Lei da Termodinâmica $\Delta U = Q - W$, tendo em vista que tanto um motor como um refrigerador funcionam em ciclos, $\Delta U = 0$, pois U é coordenada termodinâmica do sistema, conseqüentemente, a integral cíclica do calor é igual à integral cíclica do trabalho, ou seja, $Q = W$.

Para um sistema que executa um ciclo, existem somente duas hipóteses para as grandezas Q e W .

1) $Q = W > 0$ (positivos).

Quando $Q = W > 0$, convencionalmente, esta expressão indica que calor está sendo fornecido *para* o sistema e que trabalho é realizado *pele* sistema.

2) $Q = W < 0$ (negativos).

Essas condições se verificam quando o calor que sai do sistema é maior do que o calor que entra. Isso significa que o meio realiza trabalho sobre o sistema. Em refrigeradores domésticos e em aparelhos de ar condicionado, esse trabalho é realizado por um motor elétrico. Ambos resfriam um volume específico e rejeitam calor para o exterior. O ar condicionado expulsa esse calor para regiões extra ambiente, enquanto para um refrigerador doméstico a troca ocorre em suas proximidades. Portanto, se você estiver pensando em resfriar o ambiente mantendo aberta a porta de geladeira, isso é um péssimo procedimento: o resultado líquido é a elevação da temperatura ambiente, e não seu decréscimo.

4.2.7 CICLO DE CARNOT

O Ciclo de Carnot consiste em uma série de processos reversíveis que proporciona a obtenção de uma máquina térmica com o maior rendimento possível. Foi proposto pelo físico, matemático e engenheiro francês Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796 – 1832).

Relembrando que máquinas térmicas são dispositivos que funcionam de acordo com o que estabelece a segunda lei da Termodinâmica:

“O calor não pode passar de forma espontânea de um corpo de menor temperatura para outro de temperatura mais alta.”

Estas máquinas operam em ciclos, retirando uma quantidade de calor (Q_Q) de uma fonte quente, convertendo parte desse calor em trabalho mecânico (W) e rejeitando outra quantidade de calor para uma fonte fria (Q_F), como já vimos anteriormente na figura 8.

A partir do ciclo em que opera a máquina térmica, podemos definir o seu rendimento (η), que é a grandeza que define a quantidade de calor fornecida pela

fonte quente convertida em trabalho pela máquina. O rendimento é calculado com a equação:

$$\eta = \frac{W}{Q_Q} \quad (7)$$

A primeira lei da termodinâmica fornece-nos a equação que permite calcular o trabalho realizado em função das quantidades de calor das duas fontes:

$$W = Q_Q - Q_F \quad (8)$$

Substituindo essa relação na equação anterior, podemos encontrar outra forma de calcular o rendimento de uma máquina térmica, observe:

$$\eta = \frac{Q_Q - Q_F}{Q_Q} \quad (9)$$

Simplificando a expressão, temos:

$$\eta = 1 - \frac{Q_F}{Q_Q} \quad (10)$$

Quanto maior o valor do rendimento η , maior é a eficiência da máquina térmica e menor é a quantidade de calor rejeitada para a fonte fria.

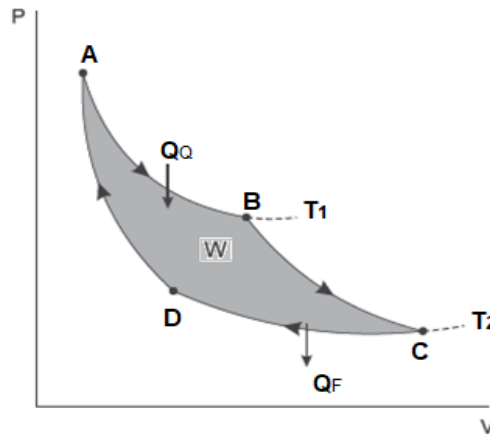
Uma observação importante a ser feita é que é impossível construir uma máquina térmica com rendimento ideal, isto é, que transforme todo o calor recebido em trabalho mecânico. Mas até o ano de 1824 isso ainda não havia sido comprovado e vários cientistas buscavam a construção de uma máquina que operasse com 100% de rendimento.

Quando Carnot propôs uma máquina térmica idealizada, estabelecendo um ciclo ideal, ele conseguiu demonstrar que qualquer máquina térmica que opere entre duas fontes com temperaturas absolutas (ou seja, na escala Kelvin) atingirá seu rendimento máximo se seu funcionamento ocorrer a partir de processos reversíveis isotérmico e adiabático.

“Denominam-se processos reversíveis os que, após terem ocorrido em um sentido, também podem ocorrer em sentido oposto e voltar ao estado inicial”.

A figura 10 representa cada uma das etapas do ciclo de Carnot. As setas indicam a sequência dos processos.

Figura 10: Diagrama do Ciclo de Carnot.



Fonte: Savi e Colucci (2010).

Os processos que podem ser observados nesse diagrama são:

- Expansão isotérmica de A até B, que ocorre quando o gás retira calor da fonte quente;
- Expansão adiabática de B até C, sendo que o gás não troca calor;
- Compressão isotérmica de C até D, pois o gás rejeita calor para a fonte fria;
- Compressão adiabática de D para A, pois não ocorre troca de calor.

A área da figura nos dá o trabalho líquido realizado pelo sistema.

Além disso, Carnot também mostrou matematicamente a relação de proporcionalidade entre as quantidades de calor da fonte fria e da fonte quente, com as suas respectivas temperaturas, a qual veremos em seguida.

É conveniente ressaltar que todas as transformações envolvidas no ciclo são reversíveis. Em particular, as isotermas ocorrem com troca de calor devido a uma diferença infinitesimal entre os reservatórios e o sistema.

Usaremos um gás ideal para obter o rendimento de uma máquina operando segundo um ciclo de Carnot, mas o resultado é válido de forma geral.

Na expansão isotérmica $A \rightarrow B$, a energia interna se mantém constante e, portanto, o calor é igual ao trabalho realizado pelo gás:

$$Q_Q = W_{A \rightarrow B} = nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} > 0 \quad (11)$$

$$|Q_F| = |W_{C \rightarrow D}| = nRT_2 \left| \ln \frac{V_4}{V_3} \right| = nRT \ln \frac{V_3}{V_4} > 0 \quad (12)$$

O quociente entre os valores (11) e (12) fornece,

$$\frac{|Q_F|}{Q_Q} = \frac{T_2}{T_1} \times \frac{\ln\left(\frac{V_3}{V_4}\right)}{\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)} \quad (13)$$

Para finalizar a análise precisamos somente encontrar uma relação entre V_3/V_4 e V_2/V_1 . Isso pode ser conseguido observando os ramos adiabáticos, nos quais pV^γ é uma constante. Independentemente do processo considerado, o gás continua sendo ideal, isto é, a equação de estado $pV = nRT$ permanece verdadeira. Para qualquer adiabática (gás ideal) podemos escrever as equações

$$pV^\gamma = K_1 = \text{constante} \quad \text{e} \quad pV = nRT$$

Da primeira, a pressão pode ser escrita como $p = K_1/V^\gamma$. Usamos essa relação na segunda:

$$\frac{K_1}{V^\gamma} V = nRT \Rightarrow V^{1-\gamma} = \frac{nR}{K_1} T = K_2 T \quad \therefore V^{\gamma-1} = \frac{1}{K_2 T}$$

ou, finalmente, temos

$$TV^{\gamma-1} = K_3 \quad (14)$$

Essa relação é válida para qualquer ponto de qualquer adiabática. Em particular, ela se cumpre para os pontos de interesse (A), (B), (C) e (D). Os pontos (A) e (B) são caracterizados pelas variáveis (p_1, V_1, T_1) e (p_2, V_2, T_1) , respectivamente. Os pontos (C) e (D) são caracterizados por (p_3, V_3, T_2) e (p_4, V_4, T_2) , respectivamente. Agora, os pontos (B) e (C) estão sobre a adiabática, portanto, a relação (14) fornece

$$T_1 V_2^{\gamma-1} = K_3 = T_2 V_3^{\gamma-1} \quad (15)$$

Da mesma forma, os pontos (A) e (D) estão sobre a outra adiabática, e, portanto, temos

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = K_3 = T_2 V_4^{\gamma-1} \quad (16)$$

Dividindo a equação (15) por (16), temos

$$\frac{T_1 V_2^{\gamma-1}}{T_1 V_1^{\gamma-1}} = \frac{T_2 V_3^{\gamma-1}}{T_2 V_4^{\gamma-1}} \therefore \frac{V_2^{\gamma-1}}{V_1^{\gamma-1}} = \frac{V_3^{\gamma-1}}{V_4^{\gamma-1}} \Rightarrow \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1} \therefore \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_3}{V_4}.$$

Substituindo esse resultado na relação (13), temos

$$\frac{|Q_F|}{Q_Q} = \frac{T_2}{T_1} \quad (17)$$

uma vez que a razão dos logaritmos é unitária. Essa é uma das expressões que estávamos buscando. Embora ela tenha sido obtida através de um gás ideal obedecendo ao ciclo de Carnot, sabemos que ela é verdadeira para qualquer máquina térmica reversível. A outra expressão é a eficiência do ciclo de Carnot.

$$\eta = 1 - \frac{Q_F}{Q_Q}$$

Usando (17), o rendimento do ciclo de Carnot fica:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (18)$$

Esta é a expressão da eficiência para uma máquina térmica operando segundo o ciclo de Carnot. Nenhuma outra, trabalhando entre as temperaturas T_1 e T_2 , dá um rendimento superior a este. Isso é fácil perceber porque a máquina térmica de Carnot opera em ciclos reversíveis. Observe que as temperaturas devem sempre ser expressas em Kelvin.

A análise dessa equação fornece a prova matemática de que o rendimento de uma máquina térmica nunca pode ser 100%, uma vez que, para que isso acontecesse,

a razão entre as temperaturas T_2 e T_1 deveria ser igual a zero. Isso somente seria possível se T_2 fosse igual ao zero absoluto, valor que não pode ser atingido.

4.3 A TERMODINÂMICA E AS DIRETRIZES CURRICULARES DA EDUCAÇÃO BÁSICA (DCEs)

Conforme as DCEs (2008), a Primeira Lei da Termodinâmica, apresenta a ideia de calor como uma forma de energia, que admite identificar sistemas termodinâmicos que possam realizar trabalho. Os conceitos de calor e trabalho, na atualidade, são percebidos como processos de transferência/transformação de energia, assim, a energia e trabalho estão absolutamente ligados. A Lei da Conservação da Energia pode ser destacada como uma das mais importantes leis da Física.

Já a Segunda Lei da Termodinâmica, permite a compreensão das máquinas térmicas, mas vai além, uma vez que conduz ao conceito de entropia. Nem todos os fatos que satisfazem à Lei da Conservação da Energia podem, realmente, acontecer, o que se deve à existência de outro princípio natural cujos processos espontâneos são irreversíveis, o que contribui com o aumento da desordem do sistema, avaliada pela entropia. O conceito de entropia tem papel fundamental, pois sua compreensão estatística, apresentada por Boltzmann, enrijece as proposições da terceira lei da termodinâmica. Esse conceito também colabora para a preparação de ideias dentro da termodinâmica como a da quantização da energia e a hipótese de que as moléculas dos sistemas em estudo são inúmeras e os valores médios de suas propriedades podem ser medidos, mesmo sem nenhuma informação sobre suas moléculas específicas. Conforme Chaves (2000, apud DCEs, 2008), esses estudos, que podem estar atrelados à queda de um objeto de uma mesa ou à expansão do Universo, despontam o encanto e a seriedade da Segunda e Terceira Leis da Termodinâmica no desenvolvimento da Física.

5 ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO

Levando em conta o atual cenário do Ensino de Física no Brasil, onde tem se dado grande relevância ao aspecto matemático, deixando em segundo plano os

demais como, aspectos históricos, experimentação e recursos tecnológicos, optamos em desenvolver o trabalho por meio de uma pesquisa bibliográfica e estudo de campo. Para Gil (2008), a pesquisa bibliográfica é obrigatória nas pesquisas exploratórias, na delimitação do tema, no aprofundamento do assunto, nas citações e na apresentação dos resultados. Não há como desenvolver uma pesquisa sem a pesquisa bibliográfica, também classificada como quantitativa. Esta permite levantar e analisar dados de acordo com diferentes referenciais teóricos. Já o estudo de campo, classificado também como qualitativo, consiste na obtenção de dados retirados da realidade e confrontados às teorias existentes.

Andrade (2001), afirma que nem todos os pesquisadores precisarão realizar pesquisas em laboratórios ou de campo, mas todos, sem exceção, deverão realizar pesquisas bibliográficas.

Segundo (Gil, 2008), o estudo de campo é desenvolvido por meio da observação direta das atividades realizados pelo grupo estudado e também de entrevistas, com a finalidade de coletar explicações e interpretações do que ocorre no local.

Os dados coletados são provenientes da implementação da sequência didática com alunos do 2º ano do ensino médio do Colégio Estadual do Campo Maria Cândida de Jesus – EFM, distrito de Paraná do Oeste, Município de Moreira Sales-Paraná, com uma turma de 16 alunos, durante 12 horas aulas. Foram 6 encontros com 2 aulas conjugadas de 50 minutos cada uma delas. Algumas atividades foram desenvolvidas no contra turno, como a confecção do motor a vapor, questões para o jogo didático, as pesquisas entre outros. Os conteúdos abordados foram: A Primeira Lei da Termodinâmica, Transformações Cíclicas, Segunda Lei da Termodinâmica, Ciclo de Carnot e Aplicações da Termodinâmica.

A coleta de dados se deu por meio de alguns instrumentos como questionários, diário de bordo do professor e relato de experiência dos alunos.

5.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Seguindo as orientações da Diretrizes Curriculares da Educação Básica, onde se espera que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos,

fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação, esta sequência didática para o ensino da termodinâmica, é um material de apoio que pode ser utilizada pelos professores de Física, que almejam permitir que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humana. Para isso, é necessário também que essa cultura no ensino de Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional. Ao propiciar esses conhecimentos, o aprendizado da Física requer a articulação de toda uma visão de mundo, de uma compreensão dinâmica do universo, mais ampla do que nosso entorno material imediato, capaz, portanto de transcender nossos limites temporais e espaciais. Assim, ao lado de um caráter mais prático, a Física revela também uma dimensão filosófica, com uma beleza e importância que não devem ser subestimadas no processo educativo. É preciso discutir como ensinar Física para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada. Sabemos que não existem soluções simples ou únicas, muito menos receitas prontas que garantam o sucesso, sendo esta a grande questão a ser encarada por todos os educadores, conforme cada realidade social. Assim, pretende-se, com esta sequência didática, desenvolver atividades teóricas e práticas que provoquem os estudantes a compreenderem a termodinâmica e sua relação com a ciência, tecnologia e sociedade.

Essa proposta está pautada em atividades potencialmente significativas, que na sua maioria serão desenvolvidas em equipe/grupo priorizando o trabalho coletivo e a cordialidade em eles.

5.2 ESTRUTURA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

5.2.1 PROPOSTA DIDÁTICA

Esta proposta didática tem como finalidade orientar as atividades do aluno buscando desenvolver uma aprendizagem significativa que contribua na formação de uma cultura científica plena, que permita aos estudantes atuarem de forma efetiva na

sociedade atual, tendo argumentos para discutir os assuntos abordados nessa sequência didática com base em fatos científicos.

As atividades propostas na sequência didática devem ser desenvolvidas preferencialmente em grupos, seguindo uma dinâmica de aprendizagem em que todos os integrantes possam participar, dando contribuições ao trabalho, por meio de suas reflexões, diálogos, discussões e argumentações.

5.2.2 OBJETIVOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

- Estimular o interesse do estudante pelo estudo de Termodinâmica, por meio da interação professor aluno nas discussões sobre o papel da Termodinâmica na Revolução Industrial;
- Promover a aprendizagem dos conceitos relacionados a Termodinâmica;
- Compreender que o conteúdo trabalhado está presente em nosso cotidiano;
- Colaborar para a formação de cidadãos conscientes e comprometidos com questões sociais, que presem pela qualidade de vida da sociedade e equilíbrio ambiental.

5.2.3 ORGANIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O trabalho com essa sequência didática exige do estudante conhecimentos prévios sobre “Calor”, uma vez que no momento em que o conteúdo de termodinâmica é proposto, o mesmo já foi abordado, por se tratar de um conhecimento específico que inicia o estudo da calorimetria. Ainda, deverão ter conhecimento sobre o comportamento térmico dos gases.

No decorrer das aulas serão trabalhadas as Leis da Termodinâmica e as Máquinas Térmicas. Também será abordado as transformações cíclicas, rendimento, Ciclo de Carnot e noções de entropia.

A disposição das atividades está organizada no Quadro 1, estando estas divididas em 2 módulos. Módulo 1: História da Termodinâmica e suas Leis e Módulo 2: Aplicações da Termodinâmica no desenvolvimento social e tecnológico.

Quadro 1: Esquema de organização das atividades do módulo 1 e 2.

Módulo 1	História da Termodinâmica e suas Leis.	
Carga horária (h/a)	Conteúdo	Metodologias e Ferramentas
2	Descoberta e desenvolvimento da Termodinâmica	<p>Responder de forma descritiva questão chave: “Como funciona um motor de um automóvel?”</p> <p>Pré-teste com os alunos como forma de levantar o conhecimento prévio referente a Termodinâmica.</p> <p>Análise de texto científico referente a história da termodinâmica e debate confrontando as ideias do texto com os conhecimentos prévios dos alunos.</p> <p>Recorte de filme sobre revolução industrial.</p>
2	Primeira e Segunda Lei da Termodinâmica; Máquinas Térmicas.	<p>Análise de texto histórico envolvendo a Termodinâmica.</p> <p>Vídeos e animações das primeiras máquinas a Vapor.</p> <p>Experimento Máquina a Vapor e estudo do enunciado da Primeira Lei da Termodinâmica.</p>
2	Transformações Cíclicas; Noções de Entropia: processos reversíveis e irreversíveis; Ciclo de Carnot.	<p>Análise de textos e vídeos; Uso de simuladores; Análise do Enunciado e Cálculo do Rendimento das Máquinas Térmicas.</p> <p>Dedução das equações e resolução de atividades.</p>
Módulo 2	Aplicações da Termodinâmica no desenvolvimento social e tecnológico	
2	Aplicações da Termodinâmica	<p>Pesquisa sobre as contribuições da Termodinâmica no desenvolvimento social e tecnológico desde sua descoberta até os dias atuais (extraclasse).</p> <p>Estudo do Motor de quatro tempos diferenciando-o do Motor de dois tempos.</p>

		Análise de vídeos e simulações.
2	Retomada dos Conteúdos abordados	Desenvolvimento do aplicativo Kahoot.it. Formulação de perguntas e respostas para o Jogo “Na Trilha da Termodinâmica” Seminários referente à pesquisa. (Avaliação)
2	Avaliação	Desenvolvimento/aplicação do jogo “Na Trilha da Termodinâmica” e Pós-teste.

Fonte: Autora (2018).

5.2.4 PAPEL DO PROFESSOR NA IMPLEMENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Durante o desenvolvimento da proposta o papel do professor é ser um mediador ativo e participativo, dialogando com os alunos, provocando discussões através de questionamentos e promovendo o debate entre as equipes, visando que os estudantes interajam com as atividades desenvolvidas a fim de se apropriarem do conteúdo proposto. Ainda, deverá levar em consideração o conhecimento prévio dos alunos, norteando-os até o conhecimento científico, porém sempre respeitando seu espaço e sua liberdade intelectual.

O professor deve organizar e sistematizar os conteúdos, fazendo uso da transposição didática, sempre que necessário, a fim de tornar os conteúdos acessíveis e de fácil compreensão para os alunos. Cabe ao professor, ainda, organizar e distribuir as atividades, propiciando um ambiente de aprendizagem adequado. Podendo interferir no processo quando necessário, levantando inquietações e desequilíbrio, para que outros conhecimentos sejam incorporados no processo de ensino e aprendizagem.

5.2.5 AVALIAÇÃO

A avaliação será realizada de forma contínua observando a participação e envolvimento dos alunos nas atividades propostas. Também será avaliado o desenvolvimento de atividades práticas, debates, discussões, argumentações, análises dissertativas produzidas pelos discentes e aplicação de um jogo pedagógico.

Serão desenvolvidas atividades individuais e coletivas que visem ampliar o conhecimento trabalhado, uma vez que, a utilização de vários métodos avaliativos pode verificar as diferentes formas de aprendizado.

6 RELATO DE EXPERIÊNCIA

6.1 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O público alvo da implementação do produto educacional foram alunos do segundo ano do ensino médio, de uma instituição pública estadual, do município de Moreira Sales - PR. A solicitação da implementação da sequência didática pautado em atividades diferenciadas veio de encontro com os anseios da equipe de ensino e também dos estudantes. A instituição de ensino atende aproximadamente 80 alunos do Ensino Fundamental 2 no período matutino, possuindo uma turma para cada série. E três turmas de ensino médio no período noturno, totalizando aproximadamente 60 alunos. Participaram da implementação da proposta de ensino uma turma do segundo ano composta por 16 alunos. Os alunos participaram de todos os encontros, ocorrendo apenas algumas faltas justificadas, as quais não prejudicaram o bom andamento do trabalho. As aulas ocorreram no período normal de aula, durante 6 encontros de duas aulas cada um, sendo que cada aula tem duração de 50 minutos.

6.2 AÇÕES DESENVOLVIDAS E ANÁLISE

No **primeiro encontro** o professor iniciou a aula explicando que estaria desenvolvendo com eles uma sequência didática sobre Termodinâmica composta por 12 aulas. Falou também sobre os objetivos da proposta e esclarecendo sobre a importância da participação deles durante as atividades para o bom andamento do trabalho. E, que antes de iniciar a aula, gostaria que eles respondessem à questão **“Como funciona o motor de um automóvel?”** e entregassem ao professor. Explicou que essa atividade era apenas para fins de interesse próprio e que futuramente voltaria a tratar sobre ela. Foi dado um tempo para eles responderem (cerca de 10 minutos) e então iniciamos com as atividades propriamente ditas.

Os alunos foram questionados oralmente, a fim de investigar o que eles sabem sobre o tema “Termodinâmica” e promover um debate envolvendo os conhecimentos prévios dos alunos. As contribuições dos alunos foram anotadas no quadro por meio de tópicos. Com auxílio de um projetor foram realizados os seguintes questionamentos:

- 1) *Você já deve ter ouvido falar sobre locomotiva e barcos a vapor. Como explicaria o princípio de funcionamento dessas máquinas?*
- 2) *Qual o papel da máquina térmica na Revolução Industrial?*
- 3) *Essas máquinas chegaram ao Brasil? Quando e como?*
- 4) *Será que os motores térmicos ainda são utilizados nos dias de hoje?*
- 5) *Podemos afirmar que tanto uma locomotiva como um ônibus utilizam energia térmica para obter energia cinética (movimento)? Como é feita essa transformação?*

Conforme os alunos iam argumentando, o professor fazia algumas anotações, porém, sem intervir em suas respostas. Apenas questionando-os, para levantar seus conhecimentos prévios que de acordo com a teoria adotada (AS) são os subsunçores.

Após essa etapa, foi trabalhado um pequeno trecho de um artigo¹ e também foi apresentado algumas figuras com a finalidade de confrontar a ideia de que, com o advento das máquinas térmicas só ocorreram fatos positivos.

Também foram trabalhados dois vídeos², que permitiram debater em equipes o desenvolvimento tecnológico e social no Brasil após a chegada das máquinas a vapor. Revelava também que a modernidade andava lado a lado com a miséria no interior do país, nem todos foram beneficiados com a chegada das máquinas a vapor. Ainda faz uma crítica à modernidade e ao capitalismo representado pelo modelo de industrialização onde o operário é engolido pelo poder do capital e perseguido por suas ideias subversivas. Esses vídeos permitiram discutir com os alunos, a exploração da mão-de-obra operária, principalmente de mulheres e crianças.

Por meio das discussões e análise dos questionários foi possível observar a ingenuidade dos alunos quanto ao pensar criticamente sobre determinadas situações.

Em relação ao contexto histórico, mostraram não terem conhecimento das dificuldades vivenciadas pelas classes menos favorecidas. Inclusive aqui no Brasil.

¹ **As leis da termodinâmica, Sadi Carnot e as transformações Sociais**, Revista Física na Escola, v. 16, n. 1, 2018. Disponível em <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol16-Num1/a06.pdf>

² **A modernidade chega a vapor**. Fonte: <https://youtu.be/DMYTjEv26K0> e Cenas do filme **Tempos modernos** Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=XFXg7nEa7vQ>

Quando voltamos a discutir o questionário inicial, alguns pontos chamou a atenção uma vez que as argumentações dos alunos passaram a ser melhor elaboradas. A maioria dos alunos chegaram à conclusão que tanto a locomotiva quanto o barco a vapor eram movidos a lenho ou carvão, apesar de ainda não saberem explicar corretamente como ocorre esse processo. Chegaram à conclusão que as máquinas térmicas foram criadas para diminuir a mão de obra humana, minimizar custos e aumentar a produção.

Quando questionados sobre a utilização dos motores térmicos nos dias atuais, alguns alunos responderam que são utilizados muito pouco, uma vez que com tanta tecnologia não há necessidades de motores térmicos e citaram o exemplo do trem. Outros ainda disseram que não existem mais motores térmicos. Alguns afirmaram que ainda são utilizados, mas não explicaram de que forma. Os alunos não fizeram nenhuma relação dos motores térmicos com o motor dos automóveis. Assim, não mostraram clareza em afirmar que tanto uma locomotiva como um ônibus utilizam energia térmica para obter energia cinética. Esse primeiro contato dos alunos com a proposta permitiu mediar as atividades futuras.

O **segundo encontro** teve início com o agrupamento dos alunos, após esse momento foi solicitado a realização da leitura de outro trecho do artigo Sadi Carnot e as transformações sociais, também foi observado por meio do projetor multimídia algumas imagens, animações e vídeos demonstrando algumas máquinas térmicas desenvolvidas ao longo da história. Momentos depois, deu início ao debate. Inicialmente, os alunos ficaram inibidos em expor suas opiniões, mas logo começaram a participar do debate elencando as ideias do texto.

Para reforçar nossa escolha em iniciar esta sequência didática envolvendo as contribuições da História da Física podemos afirmar que acreditamos que esta proposta passo aguçar o interesse dos alunos em conhecer mais sobre o assunto em questão. Como afirma Peduzzi (2001 apud Hülsendeger 2007) o ensino embasado na utilização do contexto histórico se deve ao fato de acreditar que esse seria um caminho que poderia provocar mudanças realmente significativas na sala de aula. Do mesmo modo, poderia tornar-se uma maneira de auxiliar o aluno a compreender como o conhecimento científico é construído, superando a ideia de a Física, ser apenas um amontoado de equações sem sentido que precisam ser memorizadas.

Na sequência foi realizado uma aula experimental por demonstração. Os alunos foram incentivados a construir, no contraturno, alguns aparatos que representavam as máquinas térmicas e apresentar em sala de aula para os demais colegas e professor. As figuras 11, 12, 13 e 14 são dos aparatos confeccionados pelo professor e alunos.

Figura 11: Máquina térmica confeccionada pelo autor.

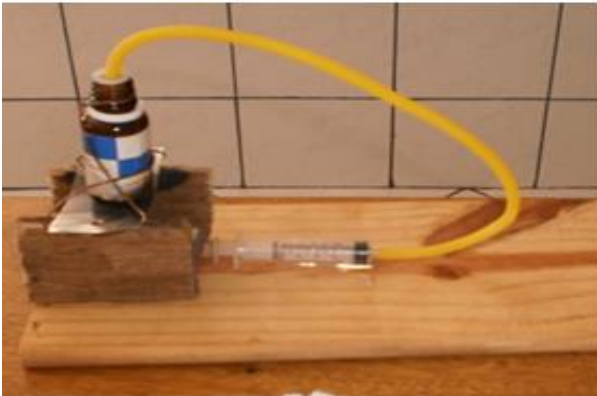


Figura 12: Máquina térmica confeccionada pelos alunos.

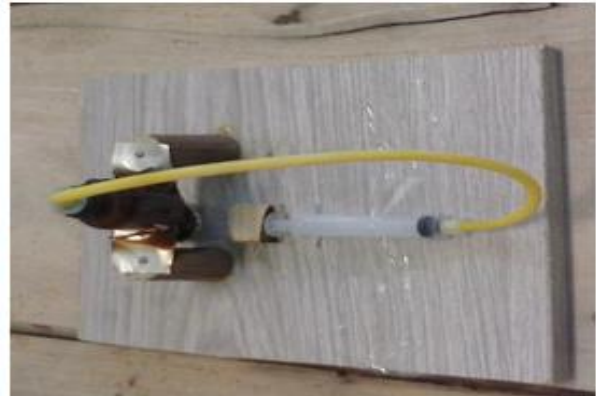


Figura 13: Mini barco a vapor confeccionado pelos alunos.



Figura 14: Mini usina termoeletrica confeccionada pelos alunos.



Fonte: Autora (2018).

Utilizando de dados do diário de bordo pode-se constatar que o experimento da máquina térmica e do barco a vapor permitiu aos alunos discutir que a energia térmica pode ser transformada em energia mecânica, além de estabelecer conceitos do sinal do trabalho, pois o gás realizou trabalho sobre o meio. Ainda, pode se verificar a transformação cíclica do gás. Os experimentos realizados, além de inferir

conceitos também estabeleceu relações com algumas aplicações tecnológicas do nosso cotidiano, como por exemplo a mini usina termoelétrica. Partindo das observações e pesquisas realizadas pelos alunos, foi possível elencar questões voltadas as vantagens das usinas termoelétricas e também as desvantagens relacionadas a economia e meio ambiente. Puderam discutir onde e quando elas são essenciais.

As atividades propostas permitiram aos alunos observar os efeitos causados no gás pelo aumento da temperatura e a sua capacidade de realizar trabalho, proporcionando novas discussões sobre temas pertinentes às leis da termodinâmica. A partir de materiais simples os alunos tiveram a oportunidade de construir e observar, princípios básicos de funcionamento, que o homem vem utilizando nas últimas décadas tanto na indústria como no transporte.

Por meio de diálogo com os alunos, ficou evidente que o ato de realizar experimentos no ensino de Física é de fundamental importância para proporcionar questionamentos e interpretações dos conteúdos trabalhados em sala de aula e não apenas como forma de comprovação de leis e teorias.

Segundo Delizoicov e Angotti (2000 apud DOMINGUES, 2011), as experiências despertam em geral um grande interesse nos alunos, além de proporcionar uma situação de investigação. Quando planejadas, levando em conta estes fatores, elas constituem momentos particularmente ricos no processo de ensino-aprendizagem.

No **terceiro encontro** deu início a formalização dos conceitos da termodinâmica e suas leis. Essa aula foi expositiva dialogada, fazendo uso de recursos como vídeos e animações na expectativa de aumentar a motivação e permitir aos alunos uma melhor compreensão dos temas abordados.

Segundo Gonçalves (2003 apud Lima, 2016), as TICs são recursos que auxiliam no processo de aprendizagem, salvo que se pode adquirir conhecimento através da interatividade e da visualização de modelos que se assemelham a realidade, combinando interação e entretenimento para aquisição do conhecimento. Além disso, a inserção das TICs nas aulas de Física pode ser um fator motivacional para os alunos.

Quanto a motivação do aluno, Cavenaghi e Bzuneck (2009), afirmam que ela é indispensável no processo formal de ensino-aprendizagem, uma vez que a

qualidade e a intensidade do ensino dependem dela. Relatam ainda que quando os estudantes estão desmotivados com as atividades escolares, estes não conseguem desenvolver suas potencialidades, pois não conseguem interagir e participarem das aulas, distanciando-se cada vez mais da aquisição do conhecimento.

Também foram contemplados a resolução de uma lista de exercícios. As atividades propostas indicaram um desempenho satisfatório dos alunos, levando-nos a crer que alcançamos parte de nossos objetivos. As figuras 13 e 14 demonstram os alunos participando das atividades desenvolvidas nesse encontro.

Figura 15: Uso de TIC em sala de aula.



Figura 16: Alunos desenvolvendo lista de atividades.



Fonte: Autora (2018).

No **quarto encontro** discutimos sobre as aplicações das máquinas térmicas na atualidade. Estudamos o motor de quatro tempos diferenciando-o do de dois tempos. Nesta aula os alunos apresentaram em forma de seminário (figura 17), o resultado da pesquisa que realizaram sobre “Motor de 4 tempos e de 2 tempos, Diferenças entre motores a gasolina/álcool e a diesel e também sobre o Motor Flex”.

Figura 17: Apresentação de Seminário de algumas equipes.

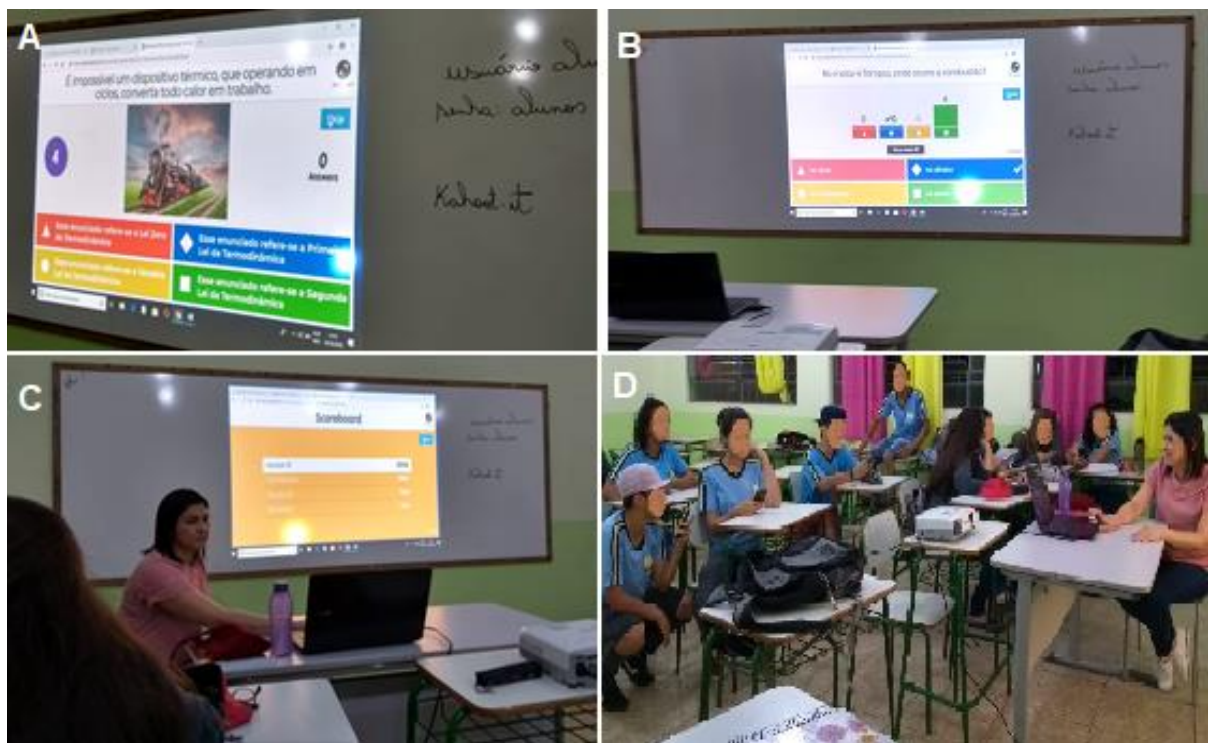


Fonte: Autora (2018).

Após a apresentação dos alunos, foi trabalhado alguns vídeos envolvendo os temas dos seminários, que, por meio deles e também da explicação do professor, foram sanadas algumas dúvidas que ainda restaram. O debate envolvendo esses vídeos, que foram planejados em virtude de algumas respostas que os alunos deram no primeiro encontro, permitiu esclarecer o funcionamento de um motor de automóvel, usando de uma linguagem simples e de fácil compreensão.

No **quinto encontro** foi desenvolvido um quiz game³ com objetivo de facilitar a revisão e fixação dos conhecimentos abordado sobre Termodinâmica, apresentado de uma forma motivadora e interessante. O quiz game escolhido foi a Plataforma de Aprendizagem Kahoot.it que é fácil ser desenvolvida pelo professor e conforme afirma Cassettari (2015) o jogo digital ou não digital pode ajudar na aprendizagem do aluno revisando e reforçando os conceitos aprendidos de maneira divertida, oferecendo uma alternativa efetiva de aprendizagem. A figura 16 demonstra a projeção de algumas questões exploradas na aula e também a participação dos alunos.

Figura 18: Questões do teste na plataforma Kahoot.it.



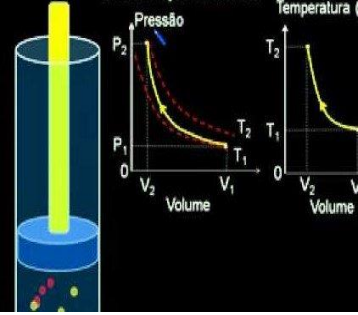
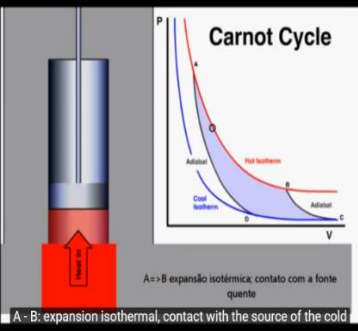
Fonte: Autora (2018).

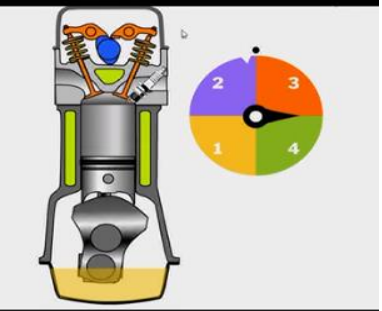
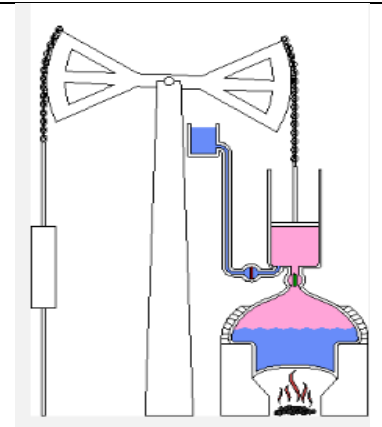
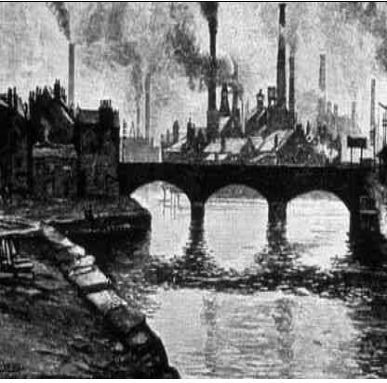

³ É um jogo em que o jogador responde perguntas de uma determinada área de conhecimento. (CASSETTARI, 2015)


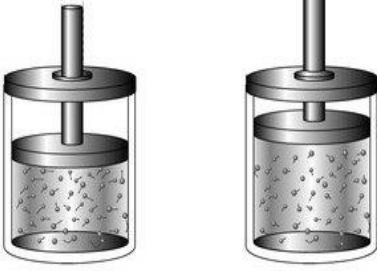

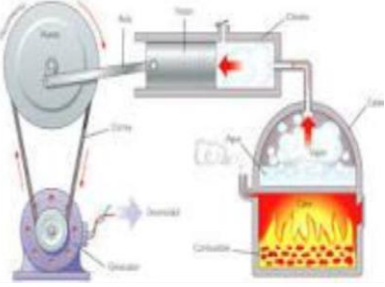
Por meio desse quiz game os alunos participaram de uma revisão e também avaliação diferenciada e informal fazendo uso de seus Smartphones. A proposta inicial era que todos os alunos conseguissem acessar a internet e o trabalho seria individual. Porém, como ainda temos limitações ao acesso à internet, foi necessário desenvolver a atividade em grupo, o que não diminuiu o interesse dos alunos. O jogo foi composto de dez questões envolvendo o conteúdo trabalhado nas aulas anteriores. Ainda foi encarado pelos alunos como uma aula diferente e divertida, pois participaram de um jogo digital com regras, pontuação, equipe vencedora entre outros.

Todas as questões trabalhadas no quiz game estão apresentadas na quadro 2. Na plataforma Kahoot.it elas aparecem com layout colorido, contendo imagens, vídeos, animações, música e tempo determinado para responder a cada uma delas. As alternativas corretas de cada questão encontram-se em negrito.

Quadro 2: Questões trabalhadas no quiz game Kahoot.it.

Questões	Alternativas	Ilustrações (imagens, animações e vídeos)	Tempo De resposta
<p>Q1: Segundo a termodinâmica, o processo de transformação que não ocorre trocas de CALOR:</p>	<p>a</p> <p>Isotérmica</p> <p>Adiabática</p> <p>Isométrica</p> <p>Isobárica</p>		20 seg
<p>Q2: Expansão e compressão isotérmica, compressão e expansão adiabática fazem parte do:</p>	<p>Ciclo de Otto</p> <p>Ciclo de Newcoman</p> <p>Ciclo de Carnot</p> <p>Ciclo de Watts</p>		10 seg

<p>Q3: No motor 4 Tempos, onde ocorre a combustão?</p>	<p>No pistão</p> <p>No carte</p> <p>No virabrequim</p> <p>No cilindro</p>		<p>10 seg</p>
<p>Q4: A expressão que representa o primeiro princípio da termodinâmica relaciona as grandezas:</p>	<p>Calor, trabalho e energia interna.</p> <p>Força, calor e temperatura.</p> <p>Trabalho, energia interna e massa.</p> <p>Pressão, massa e temperatura</p>		<p>20 seg</p>
<p>Q5: Uma máquina térmica opera entre duas temperaturas T_1 e T_2. Afirma-se que seu rendimento:</p>	<p>Máximo pode ser 100%.</p> <p>Será máxima se operar em ciclos.</p> <p>Nunca será inferior a 80%.</p> <p>Será máxima se operar em ciclo de Carnot.</p>		<p>20 seg</p>
<p>Q6: As máquinas a vapor foram o "estopim" da:</p>	<p>Primeira Revolução Industrial</p> <p>Primeira Guerra Mundial</p> <p>Revolução Francesa</p> <p>Segunda Guerra Mundial</p>		<p>20 seg</p>

<p>Q7:É impossível um dispositivo térmico, que operando em ciclos, converta todo calor em trabalho. Esse enunciado refere-se a:</p>	<p>Lei Zero da Termodinâmica</p> <p>Segunda Lei da Termodinâmica</p> <p>Primeira Lei da Termodinâmica</p> <p>Terceira Lei da Termodinâmica</p>		30 seg
<p>Q8:Um sistema termodinâmico tem 200 J de trabalho realizado sobre ele. Qual o sinal do trabalho?</p>	<p>$W = - 200 \text{ kcal}$</p> <p>$W = 200 \text{ J}$</p> <p>$W = -200 \text{ J}$</p> <p>$W = 200 \text{ kcal}$</p>		30 seg
<p>Q9:O que este dispositivo caseiro faz?</p>	<p>Converte trabalho mecânico em calor.</p> <p>Diminui o volume do gás inserido no recipiente.</p> <p>Aumenta o volume da água que está dentro do recipiente.</p> <p>Converte calor em trabalho mecânico.</p>		20 seg
<p>Q10:A Termodinâmica está em todos os processos que envolvem a mudança de estados físicos como:</p>	<p>Na meteorologia e nos automóveis</p> <p>Na ligação recebida em um celular</p> <p>Na resolução de um exercício de Física</p> <p>Ao fechar a porta de um automóvel</p>		60 seg

Fonte: autora (2018).

Como essa atividade foi desenvolvida em grupo, os alunos tiveram mais facilidade e o número de acertos nas questões foi positivo, mas como dependia do tempo, as equipes que responderam primeiro tiveram uma pontuação maior.

Essa atividade permitiu retomar o conteúdo trabalhado de uma forma alegre e motivadora. Analisando o envolvimento dos alunos, o número de acertos por equipe, a empolgação com o resultado da pontuação, ficando nítido que se trata de um material potencialmente significativo.

Como afirma Carvalho et al. (2010 apud Cassettari, 2015), os quiz games, são jogos de perguntas e respostas que, por meio da disputa, trazem aos participantes uma experiência envolvente de competição, podendo ser jogada inclusive entre grupos. Corroborando com a ideia, Lara (2011) pondera que os jogos ultimamente vêm ganhando espaço nas escolas, na tentativa de ter aulas mais agradáveis e com o intuito de tornar a aprendizagem algo fascinante. Além disso, as atividades lúdicas como os jogos, podem ser consideradas como uma estratégia que estimula o raciocínio levando o aluno a enfrentar situações conflitantes relacionadas com o seu cotidiano.

O **sexto encontro** aconteceu após três semanas do encontro anterior, em virtude de algumas programações extracurriculares da escola. Teve início com uma retomada de conteúdo mediada por diálogo e questionamentos que trouxeram à tona algumas indagações que foram realizadas no decorrer das aulas. Dentre várias ideias levantadas, a mais relevante foi quando foram investigados sobre o funcionamento do motor de automóvel, cuja explicação eles tinham apresentado na primeira aula da implementação da sequência didática. Alguns alunos riram ao lembrarem de suas respostas. Esse fato leva-nos a afirmar que houve indícios de uma aprendizagem significativa. Eles foram desafiados a responderem novamente a mesma questão, o que permitiu realizarmos um comparativo entre o antes e o depois. Escolhemos algumas das respostas dos alunos conforme mostraremos no quadro 3.

Quadro 3: Respostas da questão “Como funciona o motor de um automóvel?” dadas pelos alunos no primeiro e no sexto encontro.

Primeiro encontro
Com a queima do combustível.
A bateria gera energia, fazendo com que o motor ligue, precisando assim da gasolina para fazer o carro andar.
A bateria, álcool e a gasolina faz com que gera eletricidade para a locomoção do carro.
O motor é movido a gasolina e a bateria. O motor faz o carro ter força para andar. E a bateria é pra ter energia.
Passa energia elétrico pelos fios, chega no motor e ele funciona.
O que faz o carro funcionar é o combustível, se não tiver não liga.
Sabemos que é muito importante o combustível para funcionamento do motor e do carro. A partir daí ocorre um processo que ainda não tenho conhecimento.
Conforme aceleramos os cilindros se mexem, a gasolina se movimenta e com isso o carro anda.
Funciona depois que carrega a bateria do carro e coloca gasolina ou álcool e água. Depois é só ligar o carro e esperar o motor esquentar e seguir em frente.
O motor de uma moto funciona da seguinte forma. Para funcionar uma moto você tem um cachimbo que forma faísca que gera energia para o pistão trabalhar e principalmente utiliza gasolina.
Sexto encontro
O motor mais utilizado nos dias de hoje é o motor de quatro tempos. E funciona da seguinte forma: Primeiro abre uma válvula onde entra ar e gasolina ocorrendo a expansão. Depois ocorre a compressão, onde o pistão encosta na vela e sai faísca. Com a faísca há uma explosão e ocorre a expansão novamente. Por último, abre uma válvula e os gases poluentes saem pelo escape.
Ao iniciar o primeiro tempo do motor o pistão está em cima, a válvula abre e ele desce. Nesse momento entra o combustível e o ar, que é uma mistura altamente inflamável. No segundo tempo o pistão sobe comprimindo a mistura que está no inteiro do cilindro. Ao atingir a vela ocorre uma explosão e o pistão desce atingindo o ponto morto e esse é o terceiro tempo. No último tempo, restam alguns resíduos da combustão, elas saem de dentro do motor quando a válvula de escape se abre.
Para um automóvel se movimentar é preciso que ocorra uma conversão de energia térmica em energia mecânica. Isso acontece por meio do motor que é formado por várias peças. No início do movimento entra a gasolina ou o álcool que emburra o pistão para baixo. Depois o pistão sobe, encosta na vela e ocorre uma faísca. O pistão desce novamente e depois sobe para expulsar alguns resíduos que restam no motor.
A princípio são 4 tempos. 1º tempo: no início o pistão está em cima, a válvula abre e o pistão desce. 2º: o pistão sobe e comprime a mistura de ar e combustível. 3º: ocorre uma faísca e o pistão desce, atingindo o ponto morto interior. 4º depois do processo ainda resta resíduos, que são retirados do motor pela válvula de escape.
Na primeira etapa a válvula de admissão permite a entrada de ar e combustível. A segunda etapa é a compressão, nesta o pistão se move de forma a comprimir a

mistura fazendo seu volume diminuir. Na terceira etapa que é a explosão que ao terminar a compressão, um dispositivo elétrico é acionado e gera a explosão da mistura. Na quarta etapa, os gases poluentes saem pelo escape.

A queima do combustível que é a energia térmica, faz o pistão se movimentar, girando um eixo chamado virabrequim. Esse eixo que vai levar a energia mecânica até o sistema de transmissão, que por sua vez distribui essa energia par as rodas e o resultado disso é o movimento do carro.

Como os alunos não se identificaram a primeira vez que responderam à questão, não foi possível fazer um comparativo por aluno, mas sim no geral.

As respostas iniciais dos alunos mostram nitidamente a ingenuidade deles em relação a questão, e também algumas informações desconexas, o que é normal para adolescentes ou qualquer pessoa que nunca estudou sobre o assunto. Porém essa questão foi pensada justamente para verificar o que eles sabiam sobre o assunto, fazerem eles pensarem sobre algo tão presente em nossas vidas e ao mesmo tempo desconhecido e aguçar a curiosidade dos alunos para o tema.

Dessa forma as atividades foram pensadas, elaboradas e desenvolvidas, utilizando de diferentes recursos para atingir os objetivos esperados. As respostas apresentadas pelos alunos no último encontro não demonstram que eles aprenderam tudo que foi trabalhado, mas percebemos um aprimoramento em seus discursos. Alguns alunos ainda reclamaram da dificuldade em colocar no papel o que eles sabiam. Relataram que entendia o que acontece para um automóvel se movimentar, mas que não sabia descrever esse processo por escrito.

Para concluir a implementação do produto educacional, os alunos participaram de um jogo de tabuleiro⁴ denominado “Na Trilha da Termodinâmica” elaborado pelas pesquisadoras deste trabalho. Esse jogo teve por objetivo retomar os conceitos abordados sobre Termodinâmica ou ainda, aprender nossos conceitos que, por alguma razão, não foram compreendidos durante as aulas. Foi explicado as regras aos alunos que se mostraram bastante interessados em participar do jogo de tabuleiro. Somente uma aluna não mostrou interesse, falou que não gostava de jogar e que iria ficar de fora. Porém, conforme os alunos foram se agrupando e com bastante euforia, após alguns minutos, ela passou a fazer parte de uma equipe. As figuras 17 e 18 mostram o envolvimento dos alunos na execução do jogo.

⁴ Jogo envolvendo peças que podem ser movidas ou colocadas sobre uma superfície pré-marcada ou tabuleiro. (CASSETTARI, 2015)

Figura 19: Alunos participando do jogo de tabuleiro.



Figura 20: Aluna que não queria participar fazendo uma pergunta.



Fonte: Autora (2018).

Foi surpreendente o envolvimento e a empolgação dos alunos com o jogo de tabuleiro, eles não queriam parar de brincar. Acharam muito interessante como mostrou o resultado de algumas questões aplicadas a fim de verificarmos o potencial pedagógico do mesmo.

O quadro 4 apresenta o resultado da pesquisa relacionando o número de alunos que marcaram a mesma alternativa. Como resposta os alunos deveriam escolher um algarismo de 1 a 5, onde 1 significa que discorda fortemente e 5 que concorda fortemente, os algarismos 2,3,4 são valores intermediários. Esse critério foi usado em todas as questões conforme podemos observar no apêndice A que contém o questionário aplicado aos alunos.

Quadro 4: Resultado da pesquisa referente ao potencial pedagógico do jogo.

Questões que foram respondidas pelos alunos.	1	2	3	4	5
1) O design do jogo é atraente (interface ou objetos, como cartas, marcadores ou tabuleiros).	0	1	0	4	11
2) O conteúdo do jogo está conectado com outros conhecimentos que já possuía.	0	0	4	4	8
3) O jogo permitiu adquirir novos conhecimentos.	0	0	0	7	9
4) O jogo permitiu relembrar conteúdos estudados anteriormente.	0	0	2	3	11

5) Foi fácil entender o jogo e começar a utilizá-lo como material de estudo.	1	0	2	3	10
6) Me senti mais no ambiente do jogo do que no mundo real, esquecendo do que estava ao meu redor.	1	1	1	7	6
7) Pude interagir com outras pessoas durante o jogo e me divertir junto delas.	0	1	0	3	12
8) O jogo promove momentos de cooperação e/ou competição entre as pessoas que participam.	0	0	1	3	12
9) Eu recomendaria este jogo para meus colegas.	0	0	0	2	14
10) Gostaria de utilizar este jogo novamente.	1	0	0	1	14

Fonte: Autora (2018).

A primeira questão referia-se ao design do jogo, se este era atraente. O tabuleiro do jogo, os marcadores, dados e cartas com perguntas e respostas estão ilustrados na figura 21.

Figura 21: Tabuleiro, marcadores, dados e cartas com perguntas e respostas do Jogo na Trilha da Termodinâmica.



Fonte: Autora (2018).

Como podemos perceber, por meio das respostas dos alunos, há fortes indícios que eles gostaram da aparência do jogo, pois dos 16 alunos entrevistados, 11 deles disseram que concordam fortemente, ou seja, que o design do jogo é fortemente atraente, podendo ser considerado como um fator motivacional.

Outras questões, que puderam ser agrupadas nessa discussão, perguntavam se o conteúdo do jogo estava conectado com outros conhecimentos que os alunos já possuíam; se permitiu adquirir novos conhecimentos ou se permitiu relembrar conteúdos estudados anteriormente. Mas uma vez os resultados foram positivos como podemos analisar no quadro 4, por meio das questões 2,3,4 onde a maioria dos alunos responderam que concordam fortemente, demonstrando que o jogo permitiu atingir um de seus objetivos, que era retomar conteúdos trabalhados.

Com exceção de um aluno, a maioria deles tiveram facilidade em compreender as regras do jogo.

As questões 7 e 8 também mostraram o interesse dos alunos no trabalho coletivo, quase todos os alunos afirmam que o jogo promove a interação, o divertimento e a cooperação entre os colegas de sala. Como afirma Canovas (2018), o jogo é um recurso didático muito proveitoso, que possui potencial pedagógico para o desenvolvimento da aprendizagem, segundo a autora alguns alunos destacam como um ponto muito importante, que é a relação do jogo com a interação no grupo, ressaltando a importância do aprendizado coletivo.

Para Riatto et al (2017), quando se inverte o ciclo normal do ensino, geram-se consequências positivas, porque durante o desenvolvimento de um jogo, como o apresentado neste trabalho, o conhecimento normalmente não tem origem no professor, ao contrário, estabelecem-se relações entre os alunos e com o material instrucional, percebendo-se assim que há uma maior aceitação dos argumentos científicos.

Os alunos ainda, demonstraram interesse em “brincar” com o jogo novamente e também recomendariam aos colegas. Esse fato é um indicador de que os alunos tiveram sentimentos positivos de eficiência no desenrolar do jogo.

Ainda na concepção dos autores acima mencionados, é importante investir no jogo, por acreditar no seu potencial pedagógico tanto para questionar concepções intuitivas, quanto para facilitar a compreensão de explicações aceitas cientificamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de trabalho apresentada tem a finalidade de subsidiar professores de Física, para que possam preparar suas aulas fazendo uso de recursos didáticos diferenciados e que sejam potencialmente significativos. Nesta perspectiva, foram desenvolvidas, durante a implementação da sequência didática, diferentes recursos metodológicos, que positivamente, atraíram grande parte dos alunos. Apesar das mídias digitais estarem presente na nossa vida cotidiana e sabermos o quanto esses recursos tecnológicos prendem a atenção dos nossos alunos, esses ainda são pouco utilizados em sala de aula, principalmente nas disciplinas de exatas.

Poder testar o potencial pedagógico de alguns recursos metodológicos, trabalhando com a Termodinâmica foi bastante enriquecedor. Esses recursos permitiram obter avanços em relação aos conhecimentos científicos, pois através das TICs, é possível demonstrar diferentes situações que na prática não são possíveis. O uso de experimentos (que também são pouco utilizados nas aulas de Física) mostrou entusiasmo dos alunos em relação aos conhecimentos abordados, que quando trabalhados por meio da experimentação, permitem que os alunos levantem hipóteses, realizem análises, organizem os conteúdos, estruturando o conhecimento científico. Por meio do ato de experimentar, o aluno demonstra mais interesse na aula e conseqüentemente pela disciplina.

Verifica-se ainda, a necessidade de uma pluralidade metodológica para se trabalhar o ensino de Física, buscando um novo enfoque, para que as aulas se tornem mais prazerosas, buscando desmistificar o ensino de Física que é, muitas vezes, temido por um grande número de aluno. E, é nesse contexto, que podemos afirmar que a proposta desenvolvida por meio da implementação da nossa sequência didática, a qual foi elaborada com essas lentes, que verificamos o entusiasmo, interesse e envolvimento dos alunos nessas atividades. É possível elencar alguns fatos que mostraram que parte dos objetivos foram alcançados. Ao perceber o interesse de alunos que na maioria das vezes se recusavam em participar das aulas, ao ouvi-los pedir para repetir determinadas atividades, ao perguntarem o que faríamos de interessante na próxima aula, ao participarem utilizando de argumentos, de debates e discussões, entre outros. A questão da frequência dos alunos nas aulas foi outro ponto que pode ser observado. Eles quase não tiveram faltas e quanto

ocorreram, essas foram justificadas. Essa questão mostrou o comprometimento e responsabilidade dos alunos com a proposta de trabalho.

Na aplicação do jogo de tabuleiro, uma aluna se recusou a participar do jogo de tabuleiro, alegando que não gostava de brincar. No entanto, após perceber a interação dos outros alunos, ela foi se aproximando e entrou no jogo. Esse acontecimento permitiu refletir sobre o quando estamos dispostos a resgatar a atenção de nossos alunos, que na maioria das vezes, estão muito distantes dos nossos objetivos, estão desmotivados e sem interesse em aprender. Como vimos na teoria de Aprendizagem Significativa, para que ocorra a aprendizagem é necessário que o material seja potencialmente significativo e que o aluno queira aprender, que ele esteja aberto a novas descobertas, caso contrário, ele não vai aprender. O fato da aluna passar a fazer parte de uma equipe e participar do jogo, nos permitiu enxergar que, nem todos os alunos estão dispostos a aprender e, para que isso aconteça é preciso motiva-los.

Desenvolver e aplicar atividades embasadas na teoria de aprendizagem significativa não foi fácil, ocorreram alguns imprevistos como a falta de conexão com a internet nos smartfones dos alunos, na aula que usaria o Quis game Kahoot.it. Foi necessária adaptar e trabalhar em equipes, a qual seria desenvolvida individualmente. Esse ocorrido atrasou o andamento da aula, no entanto, não deixamos de atingir nossos objetivos, que era retomar o conteúdo trabalhado de uma forma alegre e motivadora. Outra dificuldade encontrada foi na elaboração do jogo de tabuleiro que exigiu bastante tempo, porém os resultados obtidos por meio dele foram inquestionáveis. Foi surpreendente o envolvimento e a empolgação dos alunos, que acharam muito interessante e inusitado o uso deste jogo na disciplina de Física.

Analisando a aplicação de todas as atividades da sequência didática, como o envolvimento dos alunos, o número de acertos por equipe, a empolgação com o resultado da pontuação nos jogos, a atuação deles durante as rodas de conversas, principalmente daqueles alunos que até então eram poucos participativos, a responsabilidade com as atividades formais, a assiduidade e tantos outros detalhes que por hora me fogem a memória, percebe-se que temos fortes indícios de que houve aprendizagem por parte dos alunos como também se trata de um material potencialmente significativo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Danielle P. de; TERÁN, Augusto, F. **Aprendizagem Significativa e Seu uso em Espaços Não Formais**. In: I Simpósio Internacional de Educação em Ciências na Amazônia da UEA, Manaus, 2011. Disponível em: <file:///C:/Users/USER/Downloads/2011_AprendizagemSignificativaeSeuusoemEspaçoSnaoformais.pdf> Acesso em: 10 ago. 2018.
- ANDRADE, M. M. de. **Introdução à metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Atlas, 2001.
- BARRETO, Benigno; XAVIER, Claudio da Silva. **Física aula por aula: mecânica dos fluidos, termologia, óptica**, Vol 2 – 3ª Edição. São Paulo: FTD, 2016.
- CANOVAS, Devanir Pereira dos Santos. **Uma Proposta de Sequência Didática Para o Ensino do Tema Luz e Cores**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa *et AL*. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- CARVALHO, L. **Aprendizagem significativa no ensino fundamental- Uma experiência no ensino da ciência**. Revista Científica da Universidade do Oeste Paulista. Presidente Prudente, 2002.
- CARVALHO, Alfredo Melk de. **Análise de uma experiência de ensino de Termodinâmica baseada em uma abordagem CTS em uma escola técnica federal de Minas Gerais**. Dissertação de Mestrado Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.
- CASSETTARI, Fernando Taranto. **Estudo de caso: uso de um quiz game para revisão de conhecimentos em gerenciamento de projetos**. Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, 2015.
- CAVENAGHI, Ana Raquel Abelha; BZUNECK, José Aloyseo. **A motivação de alunos adolescentes enquanto desafio na formação do professor**. IX Educere - Congresso Nacional de Educação e III Encontro sul brasileiro de psicopedagogia - PUCPR, 2009. Disponível em:< http://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2009/1968_1189.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- CHASSOT, Attico. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação**. Ijuí, 2011.
- DARROZ, Luiz M. SANTOS, Flávia Maria T. dos. **Astronomia: Uma Proposta Para Promover a Aprendizagem Significativa de Conceitos Básicos de Astronomia na Formação de Professores em Nível Médio**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 30, n. 1: p. 104-130, abr. 2013.
- DIRETRIZES CURRICULARES DA EDUCAÇÃO BÁSICA – Ciências**. Paraná, 2008.

DIRETRIZES CURRICULARES DA EDUCAÇÃO BÁSICA – Física. Paraná, 2008

DOMINGUES, Eduarda S. **A experimentação no ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental**. Capivari - SP: CNEC, 2011.

FONTES, Adriana da S. RAMOS, Fernanda P. SCHWERZ, Roseli C. CARGNIN, Claudete. **Jogos Adaptados para o Ensino de Física**. Ensino, Saúde e Ambiente – V9 (3), pp. 226-248, Dez. 2016.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GREGIO, Nivaldo de O. **Termodinâmica, um tutorial para entendimento do conceito de entropia**. Dissertação de mestrado. UFSCar. São Carlos, 2016.

HALLIDAY, D. RESNICK, R. WALKER, J. **Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica**. Volume 2. 9ª ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2012.

HÜLSENDEGER. Margarete J. V. C. **A História da Ciência no ensino da Termodinâmica: um outro olhar sobre o ensino de Física**. Rev. Ensaio. Belo Horizonte. v. 9, n. 2: p.222-237, 2007.

LABURÚ, Carlos E., ARRUDA, Sérgio de M., NARDI, Roberto. **Pluralismo Metodológico no Ensino de Ciências**. Ciência & Educação, v. 9, n. 2, p. 247-260, 2003. Disponível em <
<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/26453/S1516-73132003000200007.pdf?sequence=1&isAllowed=y> > Acesso: 25 nov. 2018.

LARA, Isabel C. M. de. **Jogando com a matemática na educação infantil e Séries Iniciais**. 1. Ed. Catanduva, SP: Editora Rêspel, p. 17, 2011.

LIMA, Joslaine de. **Sequência didática para o ensino da termodinâmica**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

MACEDO, Andréia H. **O Ensino da Física no Contexto da História, Ciência, Tecnologia e Sociedade – Uma Proposta para a Aprendizagem Significativa**. Guarapuava, 2016. Disponível em <
http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/modules/mydownloads_01/visit.php?cid=139&lid=7725 > Acesso: 14 fev. 2018.

MEDINA, Márcio Nasser. NISENBAUM, Moisés André. **A Primeira Lei da Termodinâmica**, 2009. Disponível em: <
file:///C:/Users/USER/Desktop/A_primeira_lei_termodinamica.pdf > Acesso: 18 fev. 2018.

MOREIRA. M.A. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS**. 2012. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>> Acesso em 14 out. 2018.

MOREIRA, M.A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** 2010. Disponível em:

<<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>> Acesso:15 abr. 2018.

MOREIRA, Marco. A., MASINI, Elcie. F. S. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. 2 ed. São Paulo: Centauro, 2006.

MOREIRA, Marco. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2. Ed. São Paulo: E.P.U., 2014.

MONTEIRO, Marco Aurélio Alvarenga. **O uso de tecnologias móveis no ensino de física: uma avaliação de seu impacto sobre a aprendizagem dos alunos**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências Vol. 16, Nº 1, 2016.

OLIVEIRA, Marina A. F. de. **Utilizando Um Fenômeno Físico Para Medir o Diâmetro de Um Fio de Cabelo**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2016.

PCN+ - Ensino Médio **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais FÍSICA**. Disponível em <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf> Acesso: 15 nov. 2016.

PELIZZARI, Adriana; Maria de Lurdes; BARON, Márcia Pirih; FINCK, Nelcy Teresinha Lubi; DOROCINSKI, Solange Inês. **Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel**. Rev. PEC, Curitiba, v.2, n.1, p.37-42, jul. 2001-jul. 2002.

PEREIRA, R. F.; FUSINATO, P. A.; NEVES, M. C. D. **Desenvolvendo um jogo de tabuleiro para o ensino de física. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências**, Anais VII ENPEC. p.1-12. 2009. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiienpec/pdfs/1033.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2018.

PEREIRA, R. F. **Os jogos na educação**. In: NEVES, M. C. D.; PEREIRA, R. F. (org.) *Divulgando a ciência: de brinquedos, jogos e do vôo humano*, Maringá: Massoni, 2006.

RIATTO, F. B., MASSONI, N. T., BRITO, A. A. **Um jogo de perguntas e respostas como forma de motivar alunos do Ensino Médio ao estudo da Física: o tópico de Mecânica**. Textos de Apoio ao Professor de Física, v.28 n.4. Porto Alegre: UFRGS, 2017. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/tapf_v28n4.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2018.

SAVI, Arlindo. A. COLUCCI, César Canesin. **Termodinâmica** – Coleção Formação de Professores em Física – EAD, v. 10, Eduem. Maringá, 2010.

SILVA JÚNIOR, Osvaldo L. **A Importância dos experimentos no estudo da física para uma aprendizagem eficaz no ensino médio**. Anápolis-Go, 2011.

THOMAZ, Marília F. **A EXPERIMENTAÇÃO E A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS: UMA REFLEXÃO**. Depto. de Física Universidade de Aveiro Aveiro–Portugal. Cad. Cat. Ens. Fís. v.17, n.3: p.360-369, dez. 2000.

TIPLER, P. **Física para cientistas e engenheiros**, Vol. 4: Óptica e Física Moderna. LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora SA. Rio de Janeiro, 1995.

VALADARES, Eduardo de C. **Propostas de Experimentos de Baixo Custo Centrados no Aluno e na Comunidade**. Revista Química Nova na Escola. Maio, 2001.

VILLATORRE, Aparecida Magalhães et AL. **Didática e Avaliação em Física**. São Paulo: Saraiva, 2009.

WERNER DA ROSA, Álvaro; BECKER DA ROSA, Cleci Teresinha. **A teoria histórico – cultural e o ensino da física**. Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681-5653), Nº 33/6, p. 1-8, agosto de 2004. Disponível em: [http: < www.rieoei.org/did_ mat22.htm >](http://www.rieoei.org/did_mat22.htm). Acesso: 15 fev. 2018.

YOUNG, H. D. FREEDMAN, R. A. **Sears e Zemansky Física II Termodinâmica e Ondas**. 12 ed. São Paulo: Pearson, 2013.

APÊNDICE

APÊNDICE A: Questionário avaliativo do jogo de tabuleiro Na Trilha da Termodinâmica

As questões abaixo foram elaboradas para nos ajudar a avaliar o potencial pedagógico do jogo. Todos os dados são coletados anonimamente e somente serão utilizados no contexto desta pesquisa. Gostaríamos que você respondesse com sinceridade.

Circule **um número** de acordo com o quanto você concorda ou discorda de cada afirmação abaixo.

Afirmações	Sua avaliação			Comentários sobre a questão (Opcional)
O design do jogo é atraente (interface ou objetos, como cartas, marcadores ou tabuleiros).	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
O conteúdo do jogo está conectado com outros conhecimentos que eu já possuía.	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
O jogo permitiu adquirir novos conhecimentos	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
O jogo permitiu relembrar conteúdos estudados anteriormente	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
Foi fácil entender o jogo e começar a utilizá-lo como material de estudo.	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
Me senti mais no ambiente do jogo do que no mundo real, esquecendo do que estava ao meu redor.	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
Pude interagir com outras pessoas durante o jogo e me diverti junto delas.	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
O jogo promove momentos de cooperação e/ou competição entre as pessoas que participam.	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
Eu recomendaria este jogo para meus colegas.	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	
Gostaria de utilizar este jogo novamente	Discordo Fortemente	1 2 3 4 5	Concordo Fortemente	

ANEXO

ANEXO A: PRODUTO EDUCACIONAL

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DAS LEIS DA
TERMODINÂMICA E MÁQUINAS TÉRMICAS**

ROBINEIDE BORGES DE SOUZA
ADRIANA DA SILVA FONTES

CAMPO MOURÃO
2018

ROBINEIDE BORGES DE SOUZA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DAS LEIS DA
TERMODINÂMICA E MÁQUINAS TÉRMICAS**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física – Polo 32, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:
Prof^a. Dr^a. Adriana da Silva Fontes

CAMPO MOURÃO
2018

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DAS LEIS DA TERMODINÂMICA E MÁQUINAS TÉRMICAS

1. Apresentação da sequência didática

Seguindo as orientações da Diretrizes Curriculares da Educação Básica, onde se espera que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação, esta sequência didática para o ensino da termodinâmica, é um material de apoio que pode ser utilizada pelos professores de Física, que almejam permitir que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. Para isso, é necessário também que essa cultura no ensino de Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional. Ao propiciar esses conhecimentos, o aprendizado da Física requer a articulação de toda uma visão de mundo, de uma compreensão dinâmica do universo, mais ampla do que nosso entorno material imediato, capaz, portanto de transcender nossos limites temporais e espaciais. Assim, ao lado de um caráter mais prático, a proposta de trabalho busca permear uma dimensão filosófica, com uma beleza e importância que não devem ser subestimadas no processo educativo. É preciso rediscutir como ensinar Física para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada. Sabemos que não existem soluções simples ou únicas, muito menos receitas prontas que garantam o sucesso, sendo esta a grande questão a ser encarada por todos os educadores, conforme cada realidade social. Portanto, pretende-se, com esta sequência didática, desenvolver atividades teóricas e práticas que provoquem os estudantes a compreenderem a termodinâmica e sua relação com a ciência, tecnologia e sociedade.

Essa proposta está pautada em atividades potencialmente significativas, que na sua maioria serão desenvolvidas em equipe/grupo priorizando o trabalho coletivo e a cordialidade em eles.

Justificativa

Acreditamos que os conceitos abordados pela Termodinâmica sejam essenciais aos estudantes, garantindo-lhes o direito de conhecerem e atuarem na sociedade que vivem, rompendo com conhecimentos provenientes do senso comum, ou seja, de sua vivência, passando a conhecer conceitos e ideias de cunho científico, que possam fazer diferença em suas ações cotidianas. Partindo do tema escolhido, pretendemos desenvolver uma proposta de ensino contextualizada com base no movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade e também da História e Filosofia da Ciência.

Objetivos da sequência didática

Compõe-se como objetivos gerais:

- Estimular o interesse do estudante pelo estudo de termodinâmica, por meio da interação professor aluno nas discussões sobre o papel da Termodinâmica na Revolução Industrial;
- Promover a aprendizagem dos conceitos relacionados a Termodinâmica;
- Compreender que o conteúdo trabalhado está presente em nosso cotidiano;
- Colaborar para a formação de cidadãos conscientes e comprometidos com questões sociais, que presem pela qualidade de vida da sociedade e equilíbrio ambiental.

Público alvo:

Alunos do 2º ano do Ensino Médio.

Metodologia

A sequência didática proposta tem por pretensão possibilitar uma aprendizagem significativa, pautada nas relações de diálogo entre alunos e professor, onde todos tenham a oportunidade e sejam instigados a participarem ativamente das atividades a serem desenvolvidas.

As atividades a serem desenvolvidas, foram escolhidas visando permitir discussões, debates, pesquisas e trabalho em grupo. Estas serão: textos históricos e conceituais, experimentos demonstrativos e jogo pedagógico. Como recursos tecnológicos e audiovisuais, serão utilizados recortes de filmes, vídeo, imagens, simuladores, experimentos virtuais e aplicativos.

O papel do professor nessa proposta

Durante o desenvolvimento da proposta cabe ao professor dialogar com os alunos provocando discussões por meio de questionamentos, visando que os mesmos interajam com as atividades propostas a fim de se apropriarem do conteúdo proposto. Levar em consideração o conhecimento prévio dos alunos, norteando-os até o conhecimento científico.

Avaliação

A avaliação será realizada de forma contínua observando a participação e envolvimento dos alunos nas atividades propostas. Também será avaliado o desenvolvimento de atividades práticas, debates, discussões, argumentações, análises dissertativas produzidas pelos discentes e aplicação de um jogo pedagógico. Serão desenvolvidas atividades individuais e coletivas que visem ampliar o conhecimento trabalhado, uma vez que, a utilização de vários métodos avaliativos pode verificar as diferentes formas de aprendizado.

1.1 Organização da sequência didática

O trabalho com essa sequência didática exige do estudante conhecimentos prévios sobre “Calor”, uma vez que no momento em que o conteúdo de termodinâmica é proposto, o mesmo já foi abordado, por se tratar de um conhecimento específico que inicia o estudo da calorimetria. Ainda, deverão ter conhecimento sobre o comportamento térmico dos gases.

No decorrer das aulas serão trabalhadas as Leis da Termodinâmica e as Máquinas Térmicas. Também será abordado as transformações cíclicas, rendimento, Ciclo de Carnot e noções de entropia. Esses temas estão divididos em dois módulos, cada módulo contém três encontros e cada encontro são de duas aulas conjugadas. Porém, nem sempre as aulas de Física se encontram organizadas dessa forma. Por esse motivo e para melhor direcionar os professores que possam utilizar este material, cada encontro está subdividido em duas aulas.

1.2 Encaminhamento das atividades da sequência didática

Quadro 1: Organização do encaminhamento das atividades do módulo 1.

Módulo 1	História da Termodinâmica e suas Leis.	
Número de aula	Conteúdo	Metodologias e Ferramentas
2	Descoberta e desenvolvimento da Termodinâmica	<p>Responder de forma descritiva questão chave: “Como funciona um motor de um automóvel?”</p> <p>Pré-teste com os alunos como forma de levantar o conhecimento prévio referente a Termodinâmica.</p> <p>Análise de texto científico referente a história da termodinâmica e debate confrontando as ideias do texto com os conhecimentos prévios dos alunos.</p> <p>Recorte de filme sobre revolução industrial.</p>
2	Máquinas Térmicas e Leis da Termodinâmica.	<p>Análise de texto histórico envolvendo a Termodinâmica.</p> <p>Vídeos e animações das primeiras máquinas a Vapor.</p> <p>Experimento Máquina a Vapor e estudo do enunciado da Primeira Lei da Termodinâmica.</p>
2	Primeira Lei da Termodinâmica; Transformações Cíclicas; Segunda Lei da Termodinâmica; Noção de	Análise de textos e vídeos; Uso de simuladores; Análise do Enunciado e Cálculo do Rendimento das Máquinas Térmicas.

	entropia: processos reversíveis e irreversíveis; Ciclo de Carnot.	Dedução das equações e resolução de atividades.
--	--	---

Fonte: Autora (2018)

Quadro 2: Organização do encaminhamento das atividades do módulo 2.

Módulo 2		
Aplicações da Termodinâmica no desenvolvimento social e tecnológico		
Número de aula	Conteúdo	Metodologias e Ferramentas
2	Aplicações da Termodinâmica	Pesquisa sobre as contribuições da Termodinâmica no desenvolvimento social e tecnológico desde sua descoberta até os dias atuais (extraclasse). Estudo do Motor de quatro tempos diferenciando-o do Motor de dois tempos. Análise de vídeos e simulações.
2	Retomada dos Conteúdos abordados	Desenvolvimento do aplicativo Kahoot.it. Formulação de perguntas e respostas para o Jogo “Na Trilha da Termodinâmica” Seminários referente à pesquisa. (Avaliação)
2	Avaliação	Desenvolvimento/aplicação do jogo “Na Trilha da Termodinâmica” e Pós-teste.

Fonte: Autora (2018)

ENCAMINHAMENTOS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

MÓDULO 1: História da Termodinâmica e suas Leis

PRIMEIRO ENCONTRO: Duração de 2 horas aula

Papel do professor

No primeiro encontro será apresentado vídeos, imagens e pequenos textos que contextualizam a descoberta da Termodinâmica e suas contribuições no desenvolvimento tecnológico e social durante a Primeira Revolução Industrial. Assim, sugere-se ao professor mediar o debate entre os alunos utilizando questionamentos e argumentações, a fim de motivá-los a participarem ativamente da aula, despertando-lhes curiosidade e interesse ao tema estudado. Esse momento também oportunizará o professor a conhecer as concepções prévias dos alunos relacionadas ao tema, o que irá embasar os trabalhos futuros.

O que se espera

De acordo com a participação dos alunos no debate, o professor poderá fazer um levantamento dos conhecimentos prévios que eles possuem em relação a Termodinâmica. Partindo do conhecimento que o aluno já possui, o professor terá condições de encaminhar os conteúdos conceituais fundamentais no processo de ensino-aprendizagem.

Material didático-pedagógico e estratégias

- Projetor multimídia
- Vídeo
- Imagens
- Texto para leitura e discussão

Objetivos específicos:

- Investigar o conhecimento prévio dos estudantes relacionados ao conteúdo de Termodinâmica.
- Permitir que os mesmos relacionem situações cotidianas com a Termodinâmica.

- Aguçar a curiosidade dos estudantes a respeito do conteúdo abordado relacionando-os a primeira revolução industrial.

AULA 1

Encaminhamento metodológico

Iniciar a aula com uma questão chave “**Como funciona o motor de um automóvel?**” Dar um tempo para eles pensarem e pedir que registrem sua resposta na folha de atividade abaixo e entreguem para o professor. É importante ressaltar aos alunos que essa questão não será computada como atividade avaliativa e, que se eles preferirem, não é necessário se identificar. Explicar também que esta questão será retomada em aulas futuras.

Pense e responda!!!

Como funciona o motor de um automóvel? (carro, moto, caminhão, ônibus...)



Fonte: <http://satiscorretora.com/index.php/seguros/automovel-2>

Observação: É importante lembrar que estamos interessados no princípio físico de acordo com a termodinâmica, que é igual para todos esses motores. Se fossemos analisar mecanicamente, o funcionamento deles são diferentes.

Em seguida, questionar oralmente os estudantes, a fim de investigar o que eles sabem sobre o tema “Termodinâmica” e promover um debate envolvendo os conhecimentos prévios dos alunos. As contribuições dos alunos poderão ser anotadas no quadro por meio de tópicos ou de um mapa conceitual.

Questionário inicial:

- 1) Você já deve ter ouvido falar sobre locomotiva e barcos a vapor. Como explicaria o princípio de funcionamento dessas máquinas?
- 2) Qual o papel da máquina térmica na Revolução Industrial?
- 3) Essas máquinas chegaram ao Brasil? Quando e como?
- 4) Será que os motores térmicos ainda são utilizados nos dias de hoje?
- 5) Podemos afirmar que tanto uma locomotiva como um ônibus utilizam energia térmica para obter energia cinética? Como é feita essa transformação?

Após esta etapa será trabalhado recortes do artigo “As leis da termodinâmica, Sadi Carnot e as transformações Sociais”, Revista Física na Escola, v. 16, n.1, 2018. Esse artigo, por meio de um estudo histórico contextualizado do trabalho de Carnot e das leis da termodinâmica, mostra que conceitos mudam com o tempo e o contexto sociocultural. Assim, discutiremos como a abordagem histórica das leis da termodinâmica permitem entender como ciência, tecnologia e sociedade estão inter-relacionadas.

Paralelo ao estudo do artigo, serão apresentados aos alunos, algumas imagens, figuras 1, 2, 3 e 4, relacionadas ao contexto histórico, a fim de proporcionar uma melhor compreensão. Tanto as imagens quanto os textos serão apresentados, para os alunos, em Power point.

Para refletir

...O céu cheio de nuvens, fumaça saindo pelas chaminés, pessoas sujas de carvão. Revolta com as condições salariais, fome e desemprego... Esses fatos se contrapõem à Paris, a Cidade das Luzes, onde palácios iluminados ilustrava o conhecimento que chegava com a eletricidade. Mas as duas situações retratam a França, e talvez outros países europeus, durante o século XIX. Como pode? O conhecimento não trazia avanços, progressos?...(PINTO e SILVA, 2018)

Figura 1: Palácio da Eletricidade, 1900. Paris-França



Fonte: <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol16>

Figura 2: Paisagem Inglesa durante a Revolução Industrial



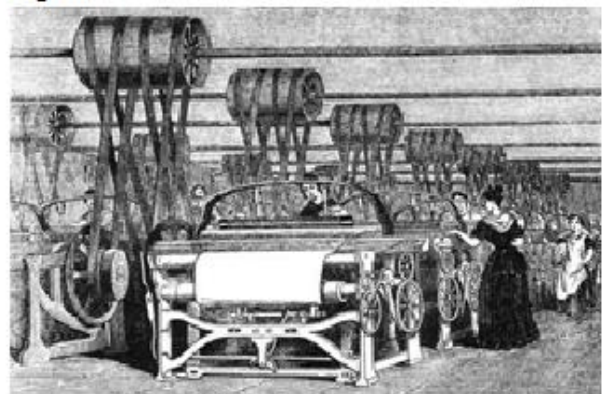
Fonte: <https://www.infoescola.com/historia/revolucao->

Figura 3: O motor a vapor usado para aumentar a produção das máquinas e a velocidade dos transportes



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/revolucao-industrial>

Figura 4: Mulheres e crianças eram usadas como mão de obra barata nas fábricas inglesas



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/revolucao-industrial>

AULA 2

Na sequência, apresentar o vídeo “A modernidade chega a vapor” da Série 500 anos, figura 5, que mostra o desenvolvimento tecnológico e social no Brasil após a chegada das máquinas a vapor. O Vídeo revela também que a modernidade andava lado a lado com a miséria no interior do país, ou seja, nem todos foram beneficiados com a chegada das máquinas a vapor. E também, o recorte do filme Tempos Modernos, figura 6, por meio do qual se faz uma crítica à “modernidade” e ao capitalismo representado pelo modelo de industrialização onde o operário é engolido pelo poder do capital e perseguido por suas ideias “subversivas”. Discutir com os alunos, a exploração da mão-de-obra operária.

Figura 5: Imagem do vídeo “A modernidade chega a vapor”



Fonte: <https://youtu.be/DMYTjEv26K0>

Figura 6: Cenas do filme Tempos moderno



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=XFXg7nEa7vQ>

Atividade em Equipes (Debate):

Após os alunos assistirem o vídeo, observarem as imagens, deverá ser solicitado a eles que, em equipes, discutam sobre o assunto e façam anotações dos fatos que mais chamaram a atenção. Em seguida, por meio de uma roda de conversa, um representante de cada grupo, ou mais, deverá apresentar os pontos destacados bem como a opinião do grupo. O professor deve mediar a discussão, de forma a conduzir os alunos a compreensão dos conceitos físicos abordados. Em seguida, rediscutir as questões abordadas anteriormente no questionário inicial.

SEGUNDO ENCONTRO: Duração de 2 hora aula

O papel do professor

Cabe ao professor organizar os alunos para a realização da leitura e análise do texto, permitindo o trabalho em grupos e também tempo hábil para execução desta atividade. É importante que o professor incentive os alunos a conhecerem o contexto no qual as leis da Termodinâmica foram construídas.

O que se espera

Com a discussão sobre contexto histórico das leis da Termodinâmica, espera-se que os alunos possam compreender a não linearidade da ciência, que por meio da

história da ciência, o aluno estuda o presente, fazendo relações com o passado, podendo desmistificar a ciência como uma atividade individual, neutra, linear e cumulativa. Identificar momentos históricos da produção de alguns conhecimentos científicos possibilita a inovação das aulas e ainda contribui para desenvolver o pensamento crítico dos alunos ao discutir que teorias científicas não são definitivas e incontestáveis.

Material didático-pedagógico e estratégias

- Texto digitalizado para discussão em grupo
- Imagens e vídeos
- Projetor multimídia

Objetivos específicos:

- Analisar os fatores (sociais, econômicos, políticos) que, no final do século XVIII, contribuíram para o surgimento da máquina a vapor;
- Compreender como se desenvolveram os princípios físicos que regem a Termodinâmica.

AULA 3

Encaminhamento metodológico

Apresentar aos alunos o texto abaixo e solicitar que eles realizem a leitura do mesmo.

Texto envolvendo as leis da termodinâmica

Nos livros didáticos do Ensino Médio, as leis da termodinâmica, na maioria das vezes aparece uma questão cronológica: a lei zero veio depois da primeira lei, a segunda lei veio antes da primeira e outras divagações. Afinal por que as leis estão “ordenadas” dessa maneira? Historicamente, estas “leis” apareceram em momentos

quase simultâneos e de forma independente. Sua “ordenação” ocorreu num momento muito posterior, em que já havia muito conhecimento sobre termodinâmica, e, possivelmente, mais com fins didáticos do que de ordenação do conhecimento de um conteúdo. Aquilo que denominamos atualmente de “**primeira lei da termodinâmica**” está relacionado com as ideias de conservação de energia. Estudos relacionados à conservação e transformação de energia ocorreram durante o século XIX por estudiosos em vários países ao mesmo tempo, sem que fosse adotado o nome energia. Julius Robert von Mayer (Alemanha, 1814- 1878), James Prescott Joule (Inglaterra, 1818-1889) e outros, aproximadamente em 1850, investigavam como determinadas forças se transformavam em outras, ou mudavam de forma. Por exemplo: forças liberadas em reações químicas pareciam fornecer calor (outro tipo de força) ou transformavam-se em forças elétricas. Calor podia ser usado como força mecânica (o que denominamos atualmente de trabalho). As transformações das forças eram baseadas em diferentes hipóteses, muitas delas originárias de pressupostos filosóficos. O que levava um estudioso a investigar que formas as forças podiam assumir nem sempre estava claro. Ludwig August Colding (Dinamarca, 1815-1888), um dos estudiosos que investigavam as transformações das forças, afirmou: “Todas as vezes que uma força parece se aniquilar realizando um trabalho mecânico, químico ou de qualquer outra natureza, ela apenas se transforma e reaparece sob uma nova forma, onde ela conserva toda a sua grandeza primitiva”. O que eles chamavam de força é muito semelhante ao que chamamos atualmente de energia. Por exemplo, Mayer define força como “coisas que podem assumir diferentes formas, mas cuja quantidade não varia, e que se distinguem da matéria por não possuírem peso”. Nesse sentido, calor, movimento e força de queda são equivalentes ao que denominamos hoje energia térmica, energia cinética e energia potencial. A transformação de uma força em outra, de modo que, no geral, haja a conservação da grandeza primitiva, como afirma Colding, é muito semelhante ao “princípio de conservação da energia” que utilizamos atualmente. Nenhum destes estudiosos escreveu a primeira lei da termodinâmica como fazemos hoje. Cada um deles estava investigando as transformações das forças com objetivos e hipóteses diferentes.

Atualmente temos que os créditos pela formulação da primeira lei são divididos por Robert Mayer e James Prescott Joule, que, trabalhando independentemente e por motivações diferentes, ambos chegaram as mesmas

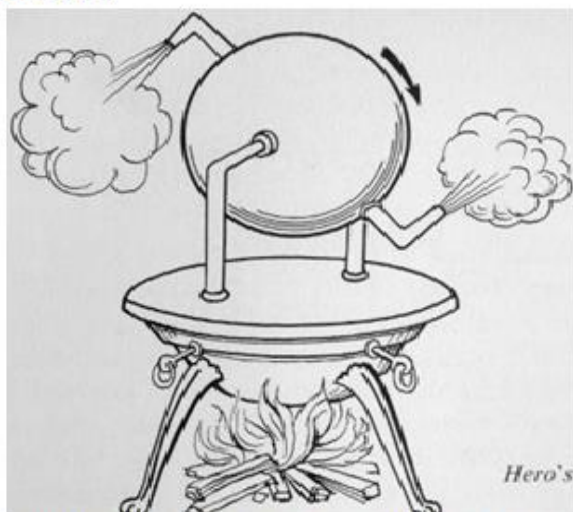
conclusões: *Calor é uma das muitas formas de energia e essa energia é conservada, podendo ser transformada, mas não ser criada ou destruída.* (PINTO e SILVA, 2018)

O professor deverá sugerir aos alunos, como atividade extraclasse, a leitura na íntegra deste artigo **“As leis da termodinâmica, Sadi Carnot e as transformações Sociais”**, Revista Física na Escola, v. 16, n. 1, 2018. Disponível em <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol16-Num1/a06.pdf>.

Esse artigo, por meio de um estudo histórico contextualizado do trabalho de Carnot e das leis da termodinâmica, mostra que conceitos mudam com o tempo e o contexto sociocultural. Assim, discutir como a abordagem histórica das leis da termodinâmica permitem entender como ciência, tecnologia e sociedade estão inter-relacionadas.

Mostrar aos alunos as figuras, animações e vídeo abaixo por meio de um projetor multimídia, algumas máquinas térmicas em ordem cronológica de desenvolvimento, promovendo um debate por meio de questionamentos e indagações.

Figura 7: Máquina de Heron criada no Século I



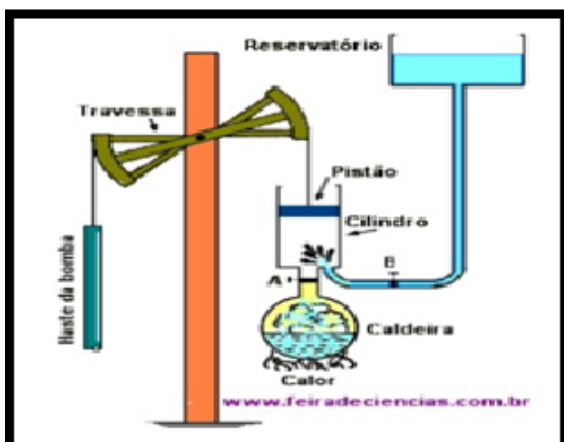
Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAr4AE>

Figura 8: Vídeo da Máquina de Heron feita por alunos



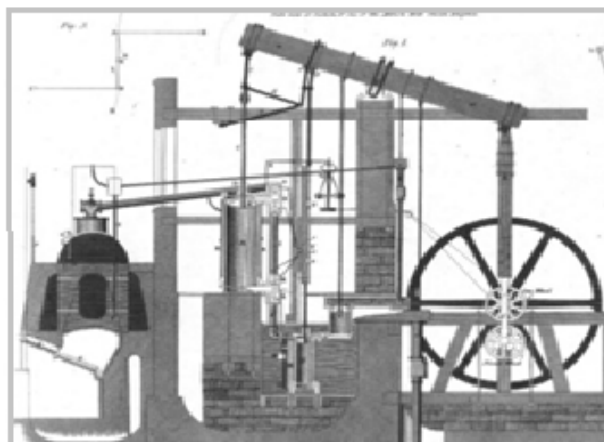
Fonte: <https://youtube.com/watch?v=1z3DbBDRrIU>

Figura 9: Animação da Máquina de Newcomen



Fonte: <https://pt.slideshare.net/jlp1973/mquinas-trmicas-e-frigorificas-slideshow-by-jair-lp-47684996>

Figura 10: Máquina de Watt (1763)



Fonte: <https://pt.slideshare.net/jlp1973/mquinas-trmicas-e-frigorificas-slideshow-by-jair-lp-47684996>

Para refletir com os alunos

Para mediar o debate, o professor poderá discutir alguns pontos relevantes para cada figura analisada. Em relação a figura 7, é importante destacar que desde muito tempo já se tinha conhecimento que o calor poderia ser usado para produzir vapor. O vapor por sua vez poderia realizar trabalho mecânico. Essa foi a ideia de Heron, um inventor grego que no século I, elaborou um equipamento formado por uma esfera metálica com dois furos. Colocava-se água no interior da esfera e quando aquecida liberava vapor, o que fazia que ela girasse. Nos dias atuais, sabemos que o dispositivo construído por Heron, tratava-se de uma máquina térmica, uma vez que transformava calor em trabalho mecânico. No entanto, na época não foi utilizada na produção de quantidades significativas de energia mecânica.

A figura 8 mostra uma reprodução desta máquina nos dias atuais confeccionada por alunos do ensino médio. Por meio deste dispositivo é possível observar seu funcionamento, bem como a empolgação dos alunos ao constatar a conversão de energia térmica em energia mecânica.

Com relação a figura 9, pode-se debater que apenas no século XVIII, as primeiras máquinas térmicas capazes de realizar grandes quantidades de trabalho foram construídas, ou seja, trabalho em escala industrial. Essas primeiras invenções de máquinas térmicas apresentavam um rendimento muito pequeno, consumiam

quantidades gigantesca de combustível e apresentavam a realização de um trabalho muito pequeno.

Por meio da figura 10, explicar aos alunos que foi no século XVIII que James Watt, um inventor escocês exibiu um dispositivo mais eficiente que as máquinas existentes até o momento. Essa máquina térmica apresentava várias vantagens se comparada com as suas precursoras. Assim, podemos afirmar que a máquina construída por Watt retirava calor da fonte quente, usando parte desse calor realizava trabalho movimentando um pistão e rejeitava para uma fonte fria parte do calor que não era utilizado. A máquina de James Watt foi utilizada em moinhos e também para acionar bombas d'água. Com o passar dos anos, foi empregada em locomotivas e barcos a vapor. Foi muito utilizada nas fábricas acionando dispositivos industriais. Podemos dizer que esse foi um fator determinante na motivação da Revolução Industrial.

É importante discutir com os alunos que a grande contribuição de Watt foi na separação entre a fonte fria e fonte quente. Esse fato possibilitou aumentar o rendimento das máquinas e alavancar o seu uso em escala industrial.

AULA 4

AULA EXPERIMENTAL - MÁQUINA TÉRMICA

Papel do professor

Cabe ao professor encaminhar a aula prática buscando contextualizar o conteúdo estudado em sala de aula, consentindo que os estudantes aprendam a usar ativamente o conhecimento adquirido e, dessa forma, possam estabelecer novas afinidades com o mundo. Para isso, é necessário instigar os alunos a refletirem sobre o que eles estão fazendo, provocando-os a encontrar significado no que estão desenvolvendo ou vendo na aula prática.

O que se espera

Espera-se que a partir de materiais simples o aluno tenha a oportunidade de construção/compreensão de uma pequena máquina térmica, um princípio básico de

funcionamento, que o homem vem utilizando há décadas tanto na indústria como no transporte.

Material didático-pedagógico e estratégias

- Tubo de vidro ou metal
- Seringa
- Tubo flexível “tripa de mico”
- Cola
- Fita adesiva
- Álcool gel
- Placa de madeira
- Tampinha de garrafa
- Placa de alumínio ou lata (pode ser cortada de uma lata de refrigerante).
- Fósforo
- Bloquinhos de madeira
- Arame fina dobrável

Objetivos específicos:

- Observar os efeitos causados no gás pelo aumento da temperatura e a sua capacidade de realizar trabalho.
- Proporcionar ao aluno ou grupo novas discussões sobre temas relacionados às leis da termodinâmica.

Encaminhamento metodológico

Por meio de um diálogo com os alunos, o professor encaminha-os ao laboratório de ciências e propõe a confecção do aparato abaixo (figura 11), em equipes, utilizando materiais de baixo custo e/ou recicláveis.

O professor deve providenciar materiais suficientes para formar as equipes com 4 a 5 alunos, de acordo com a turma. Também pode solicitar anteriormente, aos alunos, que tragam os materiais propostos.

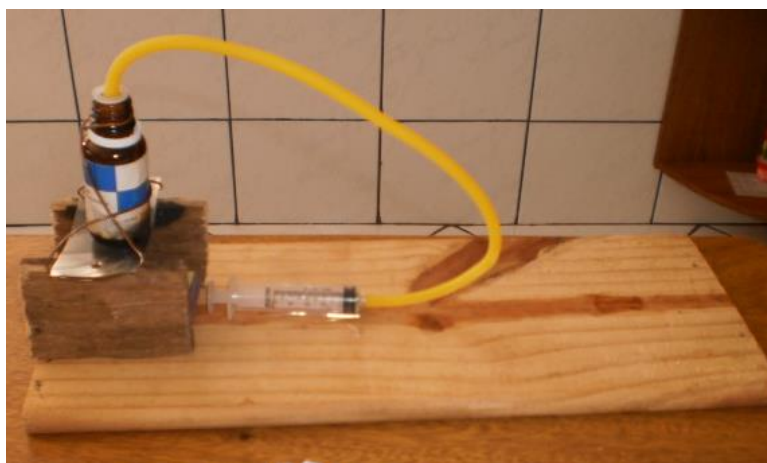
No caso da falta de tempo para a confecção, o professor poderá levar pronto ou pedir que os alunos tragam feitos de casa. Então trabalhar o experimento na forma de demonstração.

Procedimento de montagem:

Com uso dos dois bloquinhos de madeira e uma chapa metálica de aproximadamente 3cm x 4cm monte um suporte. Fixe o tubo de vidro no suporte com uso de um pedaço de arame. Teste a seringa, verifique se o embolo não se encontre emperrado ou demasiadamente duro, se for o caso, desmonte, coloque um pouco de vaselina ou óleo. Prenda uma extremidade do tubo de borracha no bico da seringa e a outra na boca do vidro.

Fixe a seringa na placa de madeira com uso da fita adesiva, esta deve ficar com o embolo voltado para o suporte do vidro. Coloque a tampinha de garrafa com um pouco de álcool em gel sob o suporte. Entre a seringa e a tampinha de garrafa deve haver um isolante térmico, use um pedaço de madeira. A máquina térmica deve ficar como a figura 11. Depois de pronta, colocar fogo no álcool que está na tampinha e observar.

Figura 11: Máquina térmica construído pelo próprio autor



Fonte: Autora (2018).

Cada equipe deve receber as questões abaixo e respondê-las antes da discussão.

Para refletir e discutir

- 1) Identifique se há, nesse aparato, uma fonte quente e a uma fonte fria.
- 2) Que tipo de conversão de energia podemos observar nesse experimento? Explique.
- 3) Descreva o que foi observado em relação ao movimento do pistão da seringa; o que provocou o movimento?
- 4) Houve perda de energia para o meio ambiente? De qual forma?
- 5) Em relação ao gás, o que aconteceu com sua pressão enquanto a temperatura aumentava?
- 6) Houve trabalho realizado?

Sugestões de outros experimentos relacionados a Máquinas Térmicas

Além do experimento anterior, o professor poderá trabalhar com outros. Como sugestão seguem o link de mais dois, a Máquina de Heron, que representa um experimento histórica disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=1z3DbBDRrIU> e também a Turbina a Vapor disponível em http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08_08.asp.

TERCEIRO ENCONTRO: Duração de 2 horas aulas.

O papel do professor

Esta aula trata-se de uma abordagem teórica que será trabalhada por meio de aula expositiva dialógada. Cabe ao professor discutir e dialogar sobre o conteúdo, permitindo a participação efetiva do aluno, tanto na oralidade, quanto em suas produções escritas.

O que se espera

Por meio das argumentações e respostas dos alunos, o professor terá possibilidades de avaliar e intervir, se necessário, no processo de ensino aprendizagem dos alunos, de forma a aproximar, cada vez mais, dos objetivos propostos. Espera-se que o estudante tenham condições de discutir o tema fundamentados em conhecimentos científicos.

Objetivos específicos:

- Compreender o calor como energia transferida em sistemas onde os corpos encontram-se a diferentes temperaturas e que ele se transfere espontaneamente do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura.
- Entender o equilíbrio térmico como resultado de um processo irreversível que ocorre espontaneamente, do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura, nunca o contrário.
- Perceber a Primeira Lei da Termodinâmica como o Princípio da Conservação de Energia.
- Analisar que a variação da energia interna de um sistema pode ocorrer através da realização de trabalho ou pela troca de calor.
- Compreender que calor e trabalho são formas de transferências de energia e que ambos podem produzir variação da energia interna de um sistema.
- Entender a degradação da energia nos processos físicos espontâneos como um princípio universal, enunciado pela Segunda Lei da Termodinâmica, tal qual o princípio da conservação da energia, enunciado pela Primeira Lei da Termodinâmica.
- Perceber a equivalência entre o aumento da desordem nos processos espontâneos e a impossibilidade de transformar integralmente calor em trabalho em operações cíclicas, e, também, que essa impossibilidade limita o rendimento das máquinas térmicas.
- Compreender a linguagem matemática nos modelos físicos e utilizar estes modelos em aplicações práticas, reconhecendo os limites de validade para cada situação, por exemplo, a necessidade de uma Teoria Cinética dos Gases para o entendimento das máquinas térmicas durante o desenvolvimento das leis da termodinâmica.

Materiais utilizados

- Projetor multimídia
- Texto para discussão em grupo

- Atividades digitalizadas
- Imagens e vídeos

AULA 5

Encaminhamento metodológico

Com base nas observações e discussões realizadas com e pelos alunos após a aula prática, introduzir o enunciado da Primeira Lei da Termodinâmica e suas equações, também as transformações cíclicas por meio dos textos, imagens e vídeos a seguir.

A 1ª LEI DA TERMODINÂMICA

A conservação da energia em sistemas termodinâmicos é expressa por meio da 1ª lei da Termodinâmica. Em outras palavras, podemos definir como o princípio da conservação de energia aplicada à termodinâmica, o que torna possível prever o comportamento de um sistema gasoso ao sofrer uma transformação termodinâmica.

Ao analisar o princípio da conservação de energia ao contexto da termodinâmica temos que um sistema não pode criar ou consumir energia, mas apenas armazená-la ou transferi-la ao meio onde se encontra, como trabalho, ou ambas as situações simultaneamente, então, ao receber uma quantidade Q de calor, esta poderá realizar um trabalho W e aumentar a energia interna do sistema ΔU .

Dizemos assim que existe uma função U (energia interna) onde a variação durante uma transformação depende exclusivamente de dois estados, inicial e final. Em um sistema fechado, esta variação é dada como:

$$\Delta U = Q - W \quad (1a)$$

Onde Q é a quantidade de calor trocado pelo sistema; W é o trabalho realizado, o mesmo depende da variação do volume $W = \int p \cdot dV$ e para uma pressão constante pode-se escrever $W = p \cdot \Delta V$, logo se o volume aumentar, temos uma expansão, na qual o gás realiza um trabalho sobre o meio (trabalho positivo, $W > 0$).

ΔU é a variação da energia interna de um gás. A energia interna pode ser definida como a soma de todas as energias existentes em um sistema termodinâmico. A mesma está relacionada a

temperatura do sistema, por exemplo, para um sistema constituído por um gás monoatômico ela é expressa por

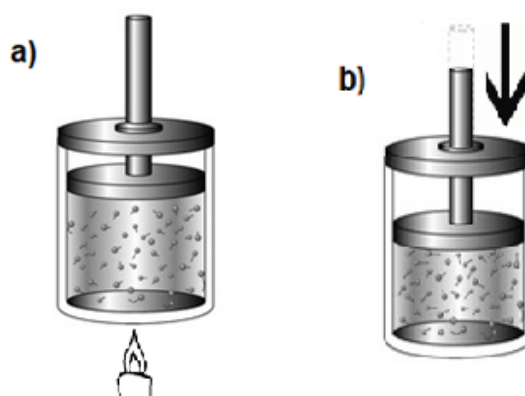
$U = \frac{5}{2}nRT$ e para um gás diatômico $U = \frac{5}{2}nRT$ (n é o número de mols e R é a constante dos gases ideais), assim se a temperatura do sistema aumentar ($\Delta T > 0$) a energia interna do sistema aumenta ($\Delta U > 0$) e vice-versa.

Este princípio enuncia, então, a conservação de energia independente do percurso escolhido.

Para melhor compreender, vamos pensar em como é possível aumentar a energia interna de um sistema observando a figura 12. Existem maneiras de aumentar a temperatura e a energia interna do gás contido num recipiente. A primeira ideia é aquecer um sistema formado por um cilindro contendo um gás ideal e munido de um êmbolo (a); considere que esse êmbolo possa se deslocar livremente sem atrito. Nesse caso, o gás recebe calor do ambiente e expande seu volume. A segunda, e menos óbvia (b), é a compressão do gás, ou seja, realizar trabalhos sobre o gás, fazendo com que seu volume diminua. Em geral, na compressão há o aumento da temperatura e da energia interna, porém esses exemplos não são absolutos, há casos em que a compressão não leva a um aumento da temperatura, mas ajudam a compreender que existe uma relação entre as grandezas.

Do mesmo modo, podemos pensar sobre o que acontece quando fornecemos uma quantidade de energia em forma de calor para a um sistema. Parte dessa energia pode ser transformada em trabalho, fazendo o gás expandir, e parte é absorvida e convertida em energia interna.

Figura 12: Sistema formado por um cilindro contendo um gás ideal e munido de um êmbolo.



Fonte: <http://educacao.globo.com/fisica/assunto/termica/termodinamica.html>

Por meio desses exemplos, podemos verificar que a energia interna de um gás, o trabalho realizado ou sofrido por ele e o calor trocado com o ambiente estão interconectados e que a

expressão (1) que os relaciona pode também ser escrito da seguinte forma:

$$Q = \Delta U + W \quad (1 \text{ b})$$

Essa é a primeira lei da Termodinâmica e nela está implícita a seguinte convenção de sinais:

$\Delta U > 0$: a energia interna do sistema aumenta.

$\Delta U = 0$: a energia interna do sistema não varia, mantém-se constante (isotérmica).

$\Delta U < 0$: a energia interna do sistema diminui.

$Q > 0$: o sistema recebe calor do ambiente.

$Q = 0$: o sistema não troca calor com o ambiente (adiabática).

$Q < 0$: o sistema sede calor para o ambiente.

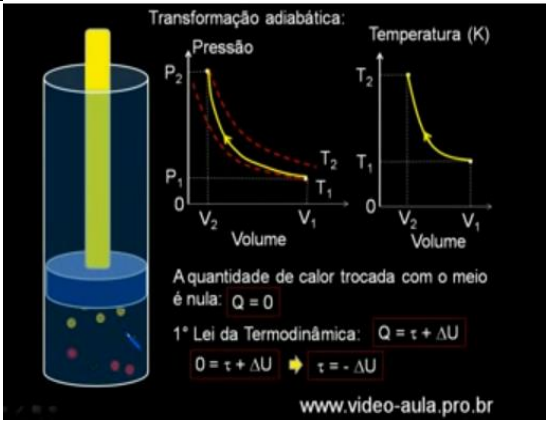
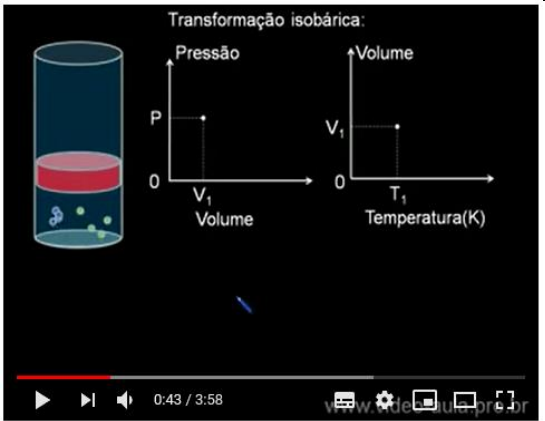
$W > 0$: trabalho realizado pelo sistema (expansão do gás).

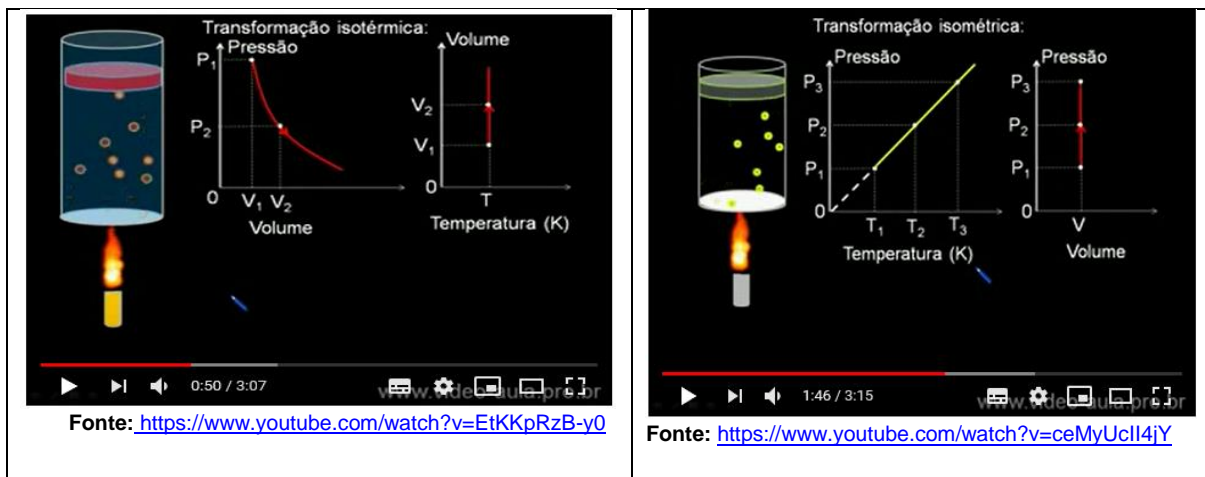
$W = 0$: não há trabalho realizado nem pelo sistema nem pelo ambiente (isométrica).

$W < 0$: trabalho realizado pelo ambiente sobre o sistema (compressão do gás).

Os vídeos abaixo, explica detalhadamente os processos termodinâmicas que ocorrem com uma amostra de gás contida em um cilindro.

Figura 13: Vídeos sobre Transformação adiabática, isobárica, isotérmica e isométrica.

 <p>Transformação adiabática:</p> <p>Pressão</p> <p>Temperatura (K)</p> <p>A quantidade de calor trocada com o meio é nula: $Q = 0$</p> <p>1ª Lei da Termodinâmica: $Q = \tau + \Delta U$</p> <p>$0 = \tau + \Delta U \Rightarrow \tau = - \Delta U$</p> <p>www.video-aula.pro.br</p> <p>Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=nMZWJhwfq9g</p>	 <p>Transformação isobárica:</p> <p>Pressão</p> <p>Volume</p> <p>www.video-aula.pro.br</p> <p>Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=gCHu8gGcW-0</p>
---	--



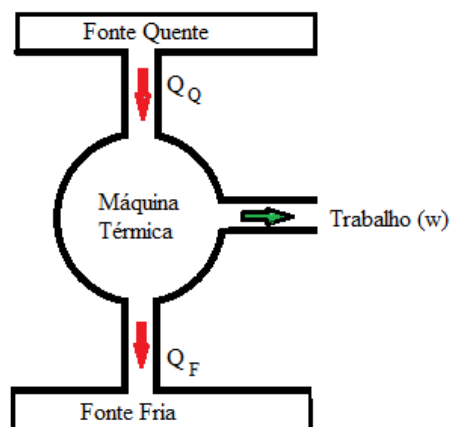
Após assistir e analisar os vídeos, retomar a expressão relacionada a primeira lei da Termodinâmica e também as transformações gasosas isotérmica, isométrica, isobárica e adiabática.

TRANSFORMAÇÕES CÍCLICAS

Podemos verificar que máquinas térmicas funcionam em ciclos entre duas fontes de diferentes temperaturas, retirando calor da fonte quente, transformando parte dele em trabalho útil (energia mecânica), e transferindo para uma fonte fria, parte do calor. Em outras palavras, as transformações cíclicas têm a característica de, ao final de cada ciclo, retornar ao estado inicial. Além de etapas intermediárias, pelo menos duas devem ocorrer: uma etapa na qual a máquina recebe calor convertendo-o em trabalho e outra em que cede calor para teoricamente retornar ao estado inicial.

Esquematizando uma máquina térmica, como podemos observar na figura 14, a partir de duas fontes de calor, uma com temperatura alta e outra com temperatura baixa, percebemos que a fonte quente cede calor Q_Q para a máquina térmica. Essa, por sua vez, transforma parte do calor em trabalho, e entrega o calor restante Q_F para a fonte fria.

Figura 14: Esquema de funcionamento de uma máquina térmica

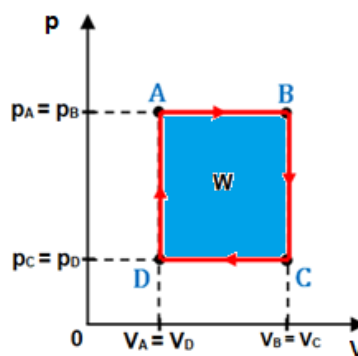


Fonte: Autora (2018).

Assim podemos interpretar a figura matematicamente como o calor fornecido ao sistema pela fonte quente é sempre igual ao trabalho realizado mais a quantidade de calor rejeitado pela fonte fria ($Q_Q = W + Q_F$).

Considerando o diagrama da figura 15, temos a representação de uma amostra de gás perfeito que realiza uma transformação cíclica saindo do estado A, passando pelos estados intermediários B, C e D e retornando ao estado inicial A.

Figura 15: Diagrama pressão versus volume num processo cíclico.



Fonte: Autora (2018).

Do estado A para o estado B, a pressão permaneceu constante (ocorreu uma transformação isobárica); já de B para C foi o volume que permaneceu constante (ocorreu uma transformação isovolumétrica); e de C para D a pressão permanece constante (transformação isobárica). E, para fechar o ciclo, o gás retorna ao ponto A com o volume constante, por meio de uma transformação isovolumétrica.

Como o estado final do gás é o mesmo que o estado inicial, temos que a variação da energia interna sofrida pelo gás é nula:

$$\Delta U = 0$$

Vimos na primeira lei da Termodinâmica que: $\Delta U = Q - W$

Como $\Delta U = 0$

Temos que $0 = Q - W$

Logo $W = Q$

Quando $W = Q$, significa que o trabalho realizado pelo gás numa transformação cíclica corresponde à quantidade de calor fornecida ao sistema.

Esse resultado é muito relevante, pois mostra que em um ciclo completo o trabalho é totalmente convertido em calor ou vice-versa. O sentido dessa conversão, de fato, é dado pelo sentido da execução do ciclo no diagrama $p \times V$.

Quando o ciclo é executado no sentido horário, o trabalho é positivo, ou seja, há conversão de calor em trabalho. Como exemplo da importância desse ciclo nas máquinas térmicas, podemos indicar as máquinas a vapor.

Quando o ciclo é executado no sentido anti-horário, o trabalho é negativo, ou seja, o trabalho é convertido em calor. Isso significa que o ambiente exerce um trabalho sobre o gás, que ao perder calor está aquecendo o ambiente. Esse ciclo é importante nas máquinas frigoríficas, é o caso da geladeira, ar condicionado entre outros. Enunciamos assim, a segunda lei da termodinâmica:

“É impossível construir um dispositivo térmico, que operando em ciclos, transforme integralmente em trabalho todo calor que recebe”.

AULA 6

Encaminhamento metodológico

Encaminhar esta aula partindo da última frase da aula anterior, e então enunciar a Segunda Lei da Termodinâmica. Discutir com os alunos que a segunda Lei da Termodinâmica nos diz que o calor só pode fluir espontaneamente de uma fonte quente para uma fonte fria. Por isso, para que as máquinas térmicas funcionem, elas necessitam de fontes quentes e frias. A Segunda Lei, entretanto, não impede que o calor possa fluir de uma fonte fria para uma fonte quente de forma forçada.

Existem máquinas térmicas que operam no sentido inverso, ou seja, retiram calor de uma fonte fria e entregam para uma fonte quente, usando energia de uma fonte externa.

O aparelho de ar condicionado é um exemplo de máquina térmica que funciona retirando calor do interior da residência e liberando calor para o lado de fora.

Ele retira calor da fonte fria e libera calor para a fonte quente. Para isso, é necessário que se use uma energia extra proveniente da rede elétrica. O trabalho, neste caso, é realizado pelo compressor do aparelho.

É importante relembrar com os alunos as ideias presentes em parte do artigo **“As leis da termodinâmica, Sadi Carnot e as transformações Sociais”** referente a Segunda Lei da Termodinâmica. Na sequência, introduzir o estudo sobre o ciclo de Carnot.

Texto envolvendo A 2ª LEI DA TERMODINÂMICA

A “segunda lei da termodinâmica” apareceu num contexto diferente. Nas primeiras décadas do século XIX, engenheiros e estudiosos independentes buscavam encontrar uma máquina que produzisse mais, consumindo menos combustível. Portanto, esses estudiosos estavam preocupados com o rendimento das máquinas térmicas. Isso significava encontrar uma máquina térmica que aproveitasse quase todo o combustível, utilizado no aquecimento, para produzir trabalho. Há registros de patentes de várias máquinas térmicas criadas nesse período, principalmente entre os ingleses. Para construir máquinas térmicas mais rentáveis não era preciso dominar o conhecimento sobre a natureza do processo. A natureza do processo era a mesma para qualquer máquina: calor produzindo trabalho. Para dominar esse processo, era preciso ter conhecimentos técnicos e levar em consideração problemas técnicos e questões práticas. Portanto, o desenvolvimento das máquinas térmicas é mais pertinente à história da tecnologia do que à história da ciência. Porém, se a natureza do processo fosse mais bem conhecida, ou seja, o entendimento das condições que proporcionavam o rendimento da máquina, isso poderia levar a uma melhoria da tecnologia que o empregava. Quem vai formalizar esse rendimento mínimo desejado é o engenheiro e militar Sadi Carnot (1796- 1832), num trabalho que ele publicou em 1824, anteriormente à discussão já feita aqui sobre a transformação das forças. Tanto nos estudos sobre transformações de forças quanto naqueles preocupados com máquinas térmicas, considerava-se implicitamente que o calor ia do corpo de temperatura mais alta para aquele de temperatura mais baixa, como se ele se movesse, seja como fluido ou através do atrito das menores partes da matéria. Mas essa “lei” só foi explicitada e entendida como “lei” depois de 1824. Ou seja, não é possível especificar uma data, um nome, um lugar, nem mesmo uma finalidade, para as leis da física, principalmente para as leis da termodinâmica. Elas não têm “donos” nem foram determinadas da mesma forma e com a mesma intenção. Há todo um complexo desenvolvimento por trás das equações e

fórmulas que utilizamos nos livros didáticos. Apenas a compreensão dos aspectos históricos de forma contextualizada permite entendermos o papel do conhecimento científico, seja na sala de aula ou na sociedade de forma geral. (PINTO e SILVA, 2018)

Ciclo de Carnot

O Ciclo de Carnot consiste em uma série de processos reversíveis que proporciona a obtenção de uma máquina térmica com o maior rendimento possível. Foi proposto pelo físico, matemático e engenheiro francês Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796 – 1832).

Relembrando que máquinas térmicas são dispositivos que funcionam de acordo com o que estabelece a segunda lei da Termodinâmica:

“O calor não pode passar de forma espontânea de um corpo de menor temperatura para outro de temperatura mais alta.”

Assim, estas máquinas operam em ciclos, retirando uma quantidade de calor (Q_Q) de uma fonte quente, convertendo parte desse calor em trabalho mecânico (W) e rejeitando outra quantidade de calor para uma fonte fria (Q_F), como já vimos anteriormente na figura 6.

A partir do ciclo em que opera a máquina térmica, podemos definir o seu rendimento (η), que é a grandeza que define a quantidade de calor fornecida pela fonte quente convertida em trabalho pela máquina. O rendimento é calculado com a equação:

$$\eta = \frac{W}{Q_Q} \quad (2)$$

A primeira lei da termodinâmica fornece-nos a equação que permite calcular o trabalho realizado em função das quantidades de calor das duas fontes:

$$W = Q_Q - Q_F \quad (3)$$

Substituindo essa relação na equação anterior, podemos encontrar outra forma de calcular o rendimento de uma máquina térmica, observe:

$$\eta = \frac{Q_Q - Q_F}{Q_Q} \quad (4)$$

Simplificando a expressão, temos:

$$\eta = 1 - \frac{Q_F}{Q_Q} \quad (5)$$

Quanto maior o valor do rendimento η , maior é a eficiência da máquina térmica e menor é a quantidade de calor rejeitada para a fonte fria.

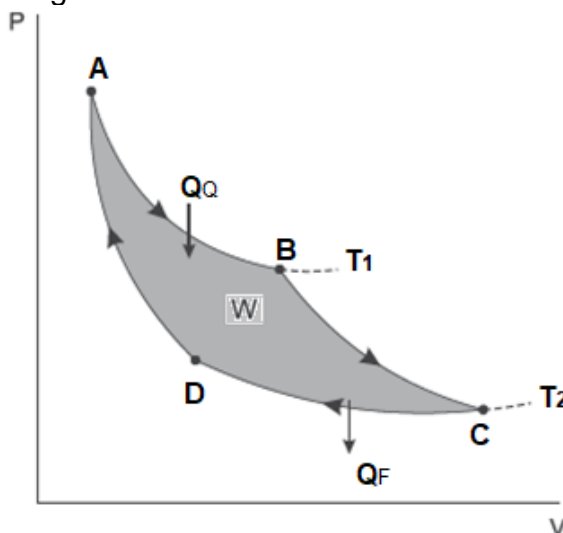
Uma observação importante a ser feita é que é impossível construir uma máquina térmica com rendimento ideal, isto é, que transforme todo o calor recebido em trabalho mecânico. Mas até o ano de 1824 isso ainda não havia sido comprovado e vários cientistas buscavam a construção de uma máquina que operasse com 100% de rendimento.

Quando Carnot propôs uma máquina térmica idealizada, estabelecendo um ciclo ideal, ele conseguiu demonstrar que qualquer máquina térmica que opere entre duas fontes com temperaturas absolutas (ou seja, na escala Kelvin) atingirá seu rendimento máximo se seu funcionamento ocorrer a partir de processos reversíveis.

“Denominam-se processos reversíveis os que, após terem ocorrido em um sentido, também podem ocorrer em sentido oposto e voltar ao estado inicial”.

A figura 16 representa cada uma das etapas do ciclo de Carnot.

Figura 16: Diagrama do Ciclo de Carnot.



Fonte: Savi e Colucci (2010).

Os processos que podem ser observados nesse diagrama são:

- Expansão isotérmica de A até B, que ocorre quando o gás retira calor da fonte quente;
- Expansão adiabática de B até C, sendo que o gás não troca calor;
- Compressão isotérmica de C até D, pois o gás rejeita calor para a fonte fria;
- Compressão adiabática de D para A, pois não ocorre troca de calor.

Além disso, Carnot também mostrou matematicamente a relação de proporcionalidade entre as quantidades de calor da fonte fria e da fonte quente, com as suas respectivas temperaturas:

$$\frac{Q_F}{Q_Q} = \frac{T_F}{T_Q} \quad (6)$$

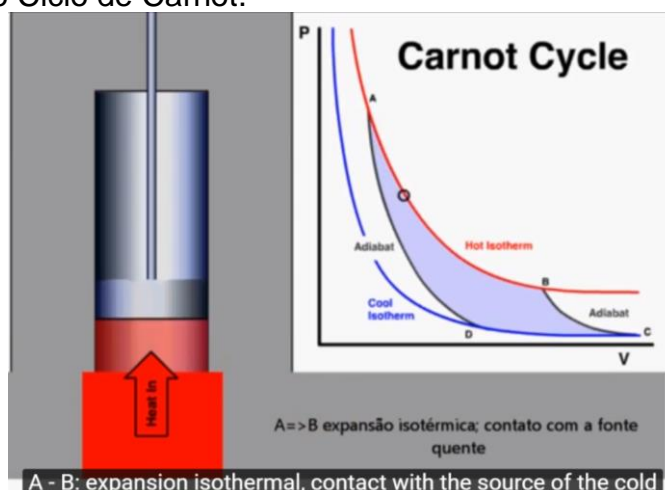
Se substituirmos os termos na equação do rendimento (equação 10), poderemos obtê-lo em função das temperaturas:

$$\eta = 1 - \frac{T_F}{T_Q} \quad (7)$$

A análise dessa equação fornece a prova matemática de que o rendimento de uma máquina térmica nunca pode ser 100%, uma vez que, para que isso acontecesse, a razão entre as temperaturas T_F e T_Q deveria ser igual a zero. Isso somente seria possível se T_F fosse igual ao zero absoluto, valor que não pode ser atingido.

O vídeo a seguir demonstra o Ciclo de Carnot e os processos que nele ocorrem.

Figura 17: Vídeo Ciclo de Carnot.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=0vcLGEZDAME>

Os processos ou fenômenos reversíveis e irreversíveis, podem ser abordados e discutidos por meio de vídeos⁵, onde os alunos poderão compreender e visualizar esses fenômenos. Em seguida, abordar o conceito de Entropia (vídeos⁶). O primeiro vídeo inicia falando um pouco sobre a 2ª Lei da Termodinâmica e o início do desenvolvimento do conceito de entropia. O segundo, fala da origem da palavra entropia e o que ela significa no contexto da Física.

⁵ Vídeos sobre Processos reversíveis e irreversíveis: https://www.youtube.com/watch?v=q3_7HDkEKOU, <https://www.youtube.com/watch?v=F0BAVIVfF4o>

⁶ Vídeos sobre Entropia: <https://www.youtube.com/watch?v=VxGPieQTcAo>, <https://www.youtube.com/watch?v=zqd8k9PfleM>

ATIVIDADES DE FÍSICA PARA RESOLVER EM SALA DE AULA

1.(Ufrj) Um sistema termodinâmico ao passar de um estado inicial para um estado final, tem 200 J de trabalho realizado sobre ele, liberando 70 cal. Usando a 1ª lei da termodinâmica e considerando que 1cal equivale a 4,19J, indique o valor, com os respectivos sinais, das seguintes grandezas: $W =$ $Q =$ $\Delta U =$

2.(Ufv) Em um quarto totalmente fechado há uma geladeira que pode ser ligada à energia elétrica. Com o objetivo de resfriar o quarto, um garoto, que nele se encontra, liga a geladeira, mantendo-a de porta aberta. Você acha que esse objetivo será alcançado? Explique.

3. (Unesp) Um gás, que se comporta como gás ideal, sofre expansão sem alteração de temperatura, quando recebe uma quantidade de calor $Q = 6 \text{ J}$. a) Determine o valor ΔU da variação da energia interna do gás. b) Determine o valor do trabalho W realizado pelo gás durante esse processo.

4. (Ufsm) Um gás ideal sofre uma transformação: absorve 50cal de energia na forma de calor e se expande realizando um trabalho de 300J. Considerando 1cal=4,2J, a variação da energia interna do gás é, em J, de

- a) 250 b) -250 c) 510 d) -90 e) 90

5. (Unesp) Transfere-se calor a um sistema, num total de 200 calorias. Verifica-se que o sistema se expande, realizando um trabalho de 150 joules, e que sua energia interna aumenta. a) Considerando 1 cal = 4J calcule a quantidade de energia transferida ao sistema, em joules. b) Utilizando a primeira lei da termodinâmica, calcule a variação de energia interna desse sistema.

6. (Ufmg) A Primeira Lei da Termodinâmica estabelece que o aumento ΔU da energia interna de um sistema é dado por $\Delta U = Q - W$, onde Q é o calor recebido pelo sistema, e W é o trabalho que esse sistema realiza. Se um gás real sofre uma compressão adiabática, então,

- a) $Q = \Delta U$. b) $Q = W$. c) $W = 0$. d) $Q = 0$. e) $\Delta U = 0$.

7. (Ufrs) Enquanto se expande, um gás recebe o calor $Q=100\text{J}$ e realiza o trabalho $W=70\text{J}$. Ao final do processo, podemos afirmar que a energia interna do gás

- a) aumentou 170 J b) aumentou 100 J c) aumentou 30 J d) diminuiu 70 J
e) diminuiu 30 J.

8. (Unesp) A primeira lei da termodinâmica diz respeito à:

- a) dilatação térmica b) conservação da massa
c) conservação da quantidade de movimento d) conservação da energia
e) irreversibilidade do tempo

9. (Unirio) Qual é a variação de energia interna de um gás ideal sobre o qual é realizado um trabalho de 80J durante uma compressão isotérmica?

10. (Ufla-MG) Numa transformação gasosa reversível, a variação da energia interna é de +300 J. Houve compressão e o trabalho realizado pela força de pressão do gás é, em módulo, 200 J. Então, é verdade que o

- a) cedeu 500 J de calor ao meio b) cedeu 100 J de calor ao meio
c) recebeu 500 J de calor do meio d) recebeu 100 J de calor do meio
e) sofreu uma transformação adiabática

ALUNO(A):.....Nº....

TRABALHO DE FÍSICA (Em dupla)

01. (UESC-04) De acordo com a primeira lei da termodinâmica, a energia interna de um sistema:
- 01) É sempre constante.
 - 02) Independe da variação de temperatura do sistema.
 - 03) Pode variar mediante trocas energéticas com o meio ambiente.
 - 04) É calculada pela razão entre a quantidade de calor trocada e o trabalho realizado no processo termodinâmico.
 - 05) É o resultado do balanço energético entre duas grandezas físicas vetoriais.
02. (UEFS-99.2) A expressão matemática que representa analiticamente o primeiro princípio da termodinâmica relaciona as grandezas:
- 01) Pressão, massa e temperatura.
 - 02) Calor, trabalho e energia interna.
 - 03) Volume, força e pressão.
 - 04) Trabalho, energia interna e massa.
 - 05) Força, calor e temperatura.
03. (UFV-MG) As afirmativas referem-se à Segunda Lei da Termodinâmica.
- I. Nenhuma máquina térmica que opere entre duas temperaturas dadas pode apresentar maior rendimento que uma máquina de Carnot que opere entre as mesmas temperaturas.
 - II. É impossível qualquer transformação cujo único resultado seja absorção de calor de um reservatório a uma temperatura única e sua conservação total em trabalho mecânico.
 - III. Uma máquina de Carnot apresenta menor rendimento ao operar entre 10 °C e – 10 °C do que a o operar entre 80 °C e 60 °C.
- Dentre as afirmativas, são verdadeiras:
- a) I e II. b) I, II e III. c) I e III. d) Apenas I. e) II e III.
04. (PUC-SP) O rendimento de uma máquina térmica:
- a) Depende apenas da temperatura da fonte quente
 - b) É tanto maior quanto maior for a diferença de temperaturas das fontes quente e fria.
 - c) Depende apenas da temperatura da fonte fria.
 - d) Não depende das temperaturas das fontes e sim das transformações envolvidas.
 - e) Nunca pode ultrapassar a 30%
05. (UC-MG) Uma máquina térmica opera entre duas temperaturas T_1 e T_2 . Afirma-se que seu rendimento:
- a) Máximo pode ser 100%.
 - b) Pode ser maior que 100%.
 - c) Nunca será inferior a 80%.
 - d) Será máxima se operar em ciclos.
 - e) Será máxima se operar em ciclo de Carnot.

06. (Ufal 2000) Analise as proposições a seguir:

- () Máquina térmica é um sistema que realiza transformação cíclica: depois de sofrer uma série de transformações ela retorna ao estado inicial.
- () É impossível construir uma máquina térmica que transforme integralmente calor em trabalho.
- () O calor é uma forma de energia que se transfere espontaneamente do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura.
- () É impossível construir uma máquina térmica que tenha um rendimento superior ao da Máquina de Carnot, operando entre as mesmas temperaturas.
- () Quando um gás recebe 400 J de calor e realiza um trabalho de 250 J, sua energia interna sofre um aumento de 150J.

07. (Ufscar 2006) Inglaterra, século XVIII. Hargreaves patenteia sua máquina de fiar; Arkwright inventa a fiandeira hidráulica; James Watt introduz a importantíssima máquina a vapor. Tempos modernos!

(C. Alencar, L. C. Ramalho e M. V. T. Ribeiro, "História da Sociedade Brasileira".)

As máquinas a vapor, sendo máquinas térmicas reais, operam em ciclos de acordo com a segunda lei da Termodinâmica. Sobre estas máquinas, considere as três afirmações seguintes:

- I. Quando em funcionamento, rejeitam para a fonte fria parte do calor retirado da fonte quente.
- II. No decorrer de um ciclo, a energia interna do vapor de água se mantém constante.
- III. Transformam em trabalho todo calor recebido da fonte quente.

É correto o contido apenas em

- a) I.
- b) II.
- c) III.
- d) I e II.
- e) II e III.

08. (Ufsm 2003) Considere as afirmações:

- I - É impossível construir uma máquina térmica que, operando em ciclos, retire energia na forma de calor de uma fonte, transformando-a integralmente em trabalho.
- II - Refrigeradores são dispositivos que transferem energia na forma de calor de um sistema de menor temperatura para outro de maior temperatura.
- III - A energia na forma de calor não passa espontaneamente de um corpo de menor temperatura para outro de maior temperatura.

Está(ão) correta(s)

- a) apenas I.
- b) apenas II.
- c) apenas I e III.
- d) apenas II e III.
- e) I, II e III.

MÓDULO 2: Aplicações Tecnológicas da Termodinâmica

QUARTO ENCONTRO: Duração de 2 hora aula

O papel do professor

Cabe ao professor dialogar com os alunos através de questionamentos, buscando meios para que haja interação com as atividades propostas para que possam se apropriarem do conteúdo proposto e consigam relaciona-lo a situações do seu dia-a-dia.

O que se espera

Por meio das discussões e desenvolvimento das atividades propostas é esperado que os alunos passem a conhecer um pouco mais sobre máquinas de combustão interna. Que consigam trassar paralelos entre uma máquina térmica e os automóveis atuais. Ainda, é esperado que os alunos desmistifiquem alguns mitos envolvendo o motor de quatro tempo, tido por eles como verdade.

Objetivos específicos:

- Apresentar o princípio de funcionamento e os principais aspectos dos motores de combustão interna e dos motores de combustão externa;
- Compreender o significado da terminologia e dos princípios básicos da termodinâmica;
- Identificar os tipos de motores de combustão;
- Apresentar os principais componentes de cada sistema;
- Capacitar o aluno a analisar o desempenho das máquinas térmicas.

Materiais utilizados

- multimídia;
- software de apresentação;
- quadro de giz;
- giz.

AULA 7

Encaminhamento metodológico

1. Retomada de conteúdo e análise de algumas aplicações da termodinâmica:

É importante retomar com os alunos o questionário inicial, principalmente a questão “*Será que os motores térmicos ainda são utilizados nos dias de hoje?*”. Discutir com os alunos que a Termodinâmica tem diversas aplicações, descrevendo tanto situações simples como situações complexas, uma vez que a termodinâmica estuda os fenômenos que lidam com temperatura, calor e pressão, analisando as propriedades da matéria em condições específicas. Melhor dizendo, a termodinâmica estuda as variações macroscópicas e microscópicas, incluindo a mudança de temperatura e de pressão de um grupo de partículas. Esses estudos conglomeram, por exemplo, as mudanças de estado físico da matéria de sólido para líquido, ou de líquido para gasoso. Como a termodinâmica é uma ciência interdisciplinar, a química e a física de fundem numa só. Em todos os processos químicos, essa ciência está envolvida.

Uma das aplicações da termodinâmica refere-se à ciência dos materiais, que estuda meios para obtenção de novos tipos de materiais, constituindo assim, uma das bases da engenharia dos materiais, pois os processos de fabricação de novos materiais envolvem bastante a transferência de calor e trabalho para as matérias primas.

Os processos industriais transformam matéria-prima em produtos acabados usando máquinas e energia. Na indústria de laticínios, a transferência de calor é usada na pasteurização e na fabricação de queijos e manteiga. Nas siderúrgicas, as altas temperaturas dos fornos causam a fusão de várias substâncias, permitindo a sua combinação e produzindo diferentes tipos de aço.

Na arquitetura, o desenho e a construção de habitações devem sempre levar em consideração os aspectos de troca de energia. Os projetos urbanos e residenciais levam em consideração esses limites, mas devem considerar também o bom aproveitamento dos recursos naturais. Um exemplo é o uso da energia solar para

substituir aquecedores de água que funcionam com energia elétrica ou com queima de combustível.

Esses são apenas algumas das muitas aplicações da termodinâmica. No entanto vamos estudar, de forma sistematizada, a aplicação desta ciência no motor dos automóveis.

2. Aula expositiva dialógica: Motor de Quatro tempo

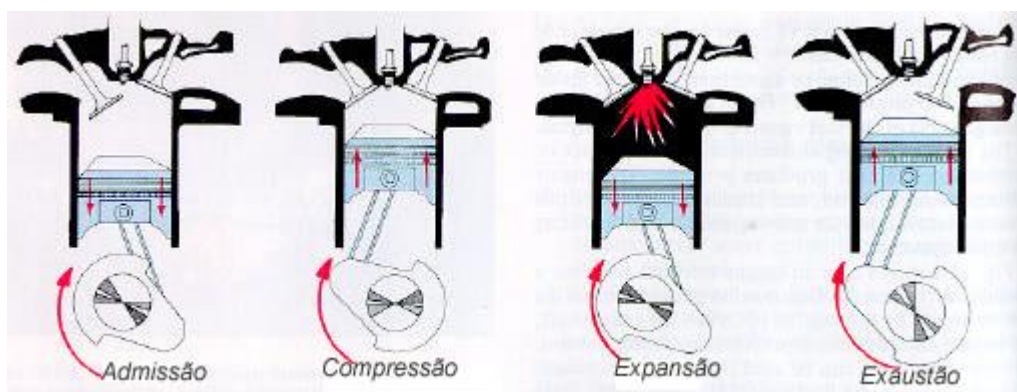
Entendendo o Motor de Um Carro

O cilindro, a vela, o bico injetor de combustível e o pistão são mecanismos que atuam para o funcionamento do motor de um carro, ou seja, motor de quatro tempos. Esses motores são exemplo de Máquinas de Combustão Interna.

O veículo automotor é o meio de transporte mais utilizado no mundo moderno. Acredita-se que essa fascinante máquina tenha surgido ainda no século XVII, na China. Os primeiros carros inventados eram movidos a vapor, hoje temos motores movidos a combustíveis fósseis, eletricidade, energia solar, entre outros.

Dentro do motor existe um mecanismo chamado cilindro, dentro dele estão posicionados: vela, bico injetor de combustível e pistão. A vela é responsável por gerar faíscas dentro do cilindro e dar ignição no combustível liberado pelo bico injetor. Esse processo gera uma explosão dentro do cilindro, com energia suficiente para colocar o pistão em movimento. O pistão, por sua vez, provoca, através de um sistema de engrenagens, a rotação do eixo do motor.

Figura 18: Etapas da combustão dentro do cilindro.



De toda a energia gerada pela explosão, apenas 30% é convertida em energia mecânica, e a grande parte dessa energia é dissipada na forma de calor, gerando o aquecimento do motor. Outra parte da energia é utilizada no sistema de refrigeração da água do radiador.

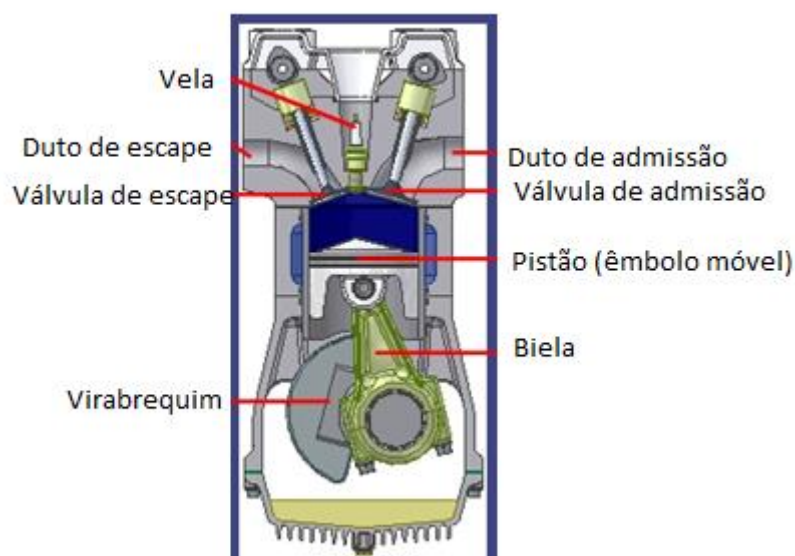
A energia mecânica gerada pelo motor é reaproveitada pelo alternador, que é convertida em energia elétrica, suficiente para dar continuidade ao ciclo de combustão e para o funcionamento de toda a parte elétrica do veículo.

O combustível mais utilizado atualmente no mundo inteiro é a gasolina. O motor que normalmente equipa os automóveis movidos a gasolina é o motor de combustão interna, também chamado de motor de explosão interna ou motor a explosão de quatro tempos.

Os termos “combustão” e “explosão” são usados no nome desse motor porque o seu princípio de funcionamento baseia-se no aproveitamento da energia liberada na reação de combustão de uma mistura de ar e combustível que ocorre dentro do cilindro do veículo. Esse motor também é chamado de “motor de quatro tempos” porque seu funcionamento ocorre em quatro estágios ou tempos diferentes.

As máquinas à combustão interna do tipo Otto e Diesel, inventadas no final do século XIX, são compostas de no mínimo um cilindro, contendo um êmbolo móvel (pistão) e diversas peças móveis. A figura 2 é uma representação esquemática e simplificada das partes principais de uma máquina Otto.

Figura 19: Descrição dos componentes internos de um motor de quatro tempos.



Temos a seguir a descrição detalhada do funcionamento de um motor tipo Otto para cada ciclo de funcionamento. Esse ciclo descreve como funcionam os motores mais comumente usados com os combustíveis de gasolina e álcool.

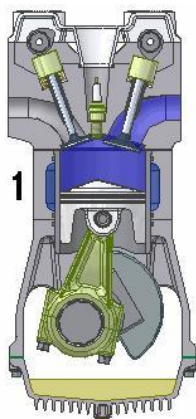


Figura 20: Admissão

1- A primeira etapa, também denominada de primeiro tempo, é denominada admissão. Nessa etapa a válvula de admissão permite a entrada, na câmara de combustão, de uma mistura de ar e combustível enquanto o pistão se move de forma a aumentar o espaço no interior da câmara.

2- A segunda etapa é a compressão. Nesta o pistão se move de forma a comprimir a mistura, fazendo seu volume diminuir. Aqui ocorre uma compressão adiabática e em seguida a máquina térmica recebe calor numa transformação isocórica.

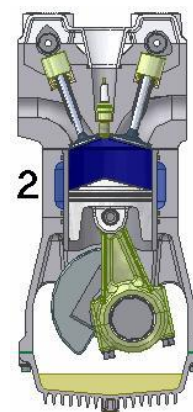


Figura 21:
Compressão

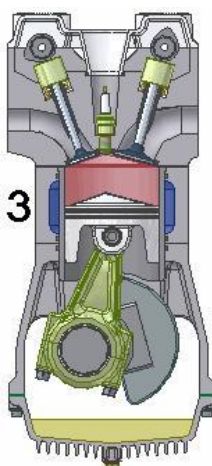


Figura 22: Explosão

3- A terceira etapa denomina-se explosão. No término da compressão um dispositivo elétrico gera uma centelha que ocasiona a explosão da mistura ocasionando sua expansão.

4- Após isto ocorre então o quarto tempo quando a válvula de saída abre e permite a exaustão do gás queimado na explosão. A expansão adiabática leva a máquina ao próximo estado, onde ela perde calor e retorna ao seu estado inicial, onde o ciclo se reinicia.

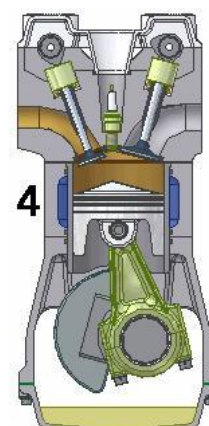
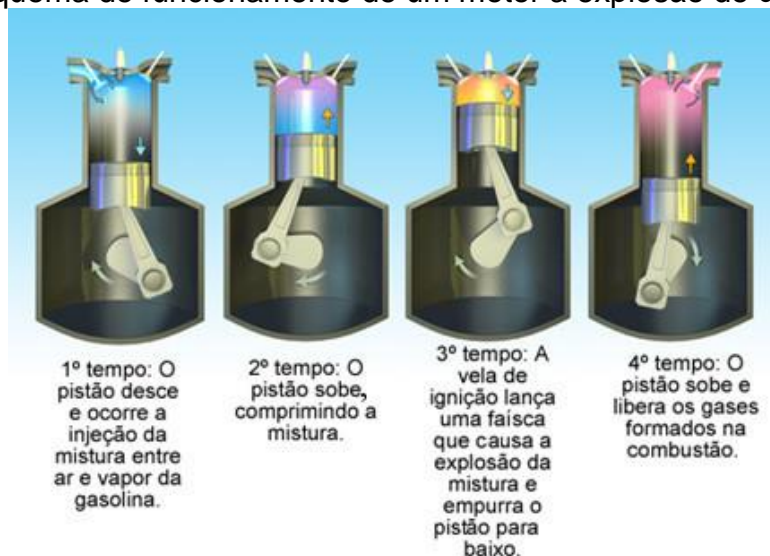


Figura 23: Exaustão

Esquemáticamente, temos:

Figura 24: Esquema de funcionamento de um motor a explosão de quatro tempos.



Esse processo inicia-se novamente, e os quatro tempos ocorrem de modo sucessivo. Os pistões (carros de passeio costumam ter de quatro a seis pistões), que ficam subindo e descendo, movem um eixo de manivela, chamado virabrequim, que está ligado às rodas por motores, fazendo-as girar e, conseqüentemente, o carro andar.

Isso nos mostra que energia química (da reação química de combustão) é transformada em energia mecânica, que, por sua vez, faz as rodas do carro movimentarem-se. A energia que faz o combustível explodir vem da bateria do automóvel. Essa corrente elétrica é amplificada pela bobina, e um distribuidor faz a sua divisão entre as velas em cada cilindro.

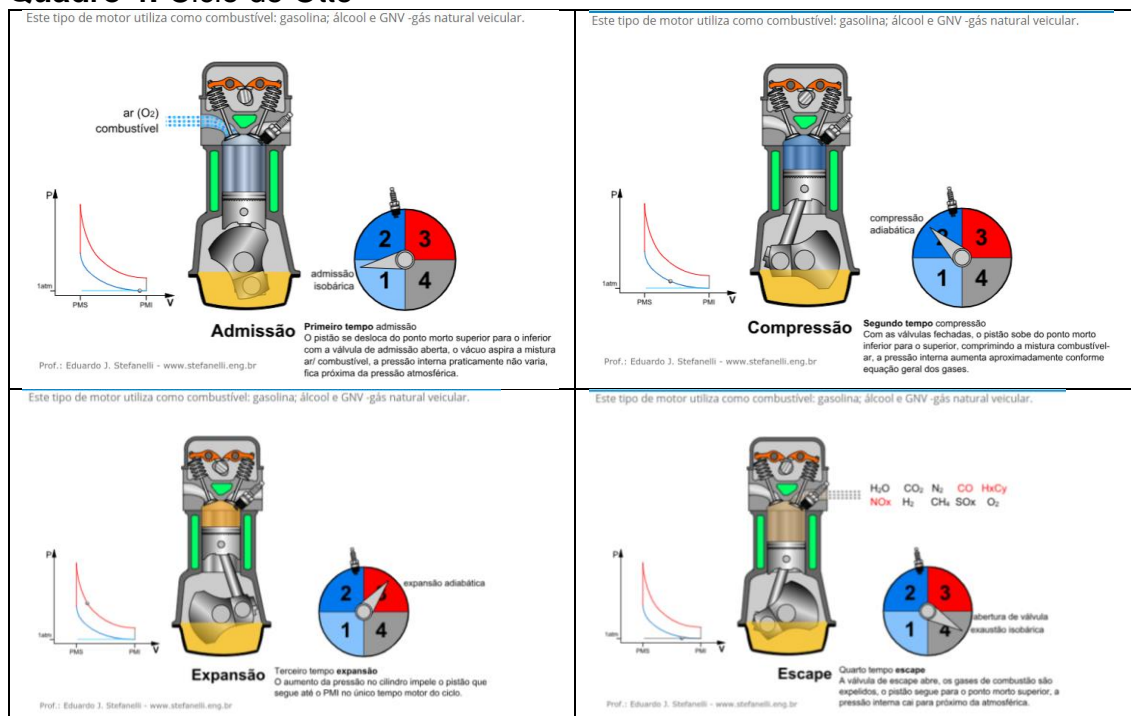
Além disso, a combustão é uma reação exotérmica, liberando grande quantidade de calor. Assim, é preciso que o radiador use água para resfriar o motor e garantir que ele continue funcionando.

Veja que, no 2º tempo, se a gasolina for de baixa qualidade, os seus componentes não aguentarão tamanha pressão e poderão estourar antes da hora, antes da faísca soltar da vela, que é o que acontece no próximo estágio. Isso resulta em um menor desempenho do motor, que começa a bater pino, pois a explosão ocorre de forma tumultuada.

Assim, é importante conhecer como esses estágios do funcionamento do motor de combustão interna ocorrem, pois nos ajuda a compreender por que é importante usar gasolinas de qualidade com alto índice de octanagem.

Demonstrar o funcionamento de um motor, explicando cada um dos tempos por meio dos simuladores disponíveis no site <https://www.stefanelli.eng.br/category/termodinamica/>.

Quadro 4: Ciclo de Otto



Fonte: <https://www.stefanelli.eng.br/ciclo-otto-motor-quatro-tempos/>

APRENDENDO UM POUCO MAIS....

Sugerir que as questões abaixo sejam respondidas em uma entrevista com um mecânico. Caso não seja possível, desconsiderar a primeira questão e fazer uma pesquisa na internet. Pode ser no laboratório de informática da escola. Discutir as respostas das questões em sala de aula.

- 1) Quanto tempo tem de experiência como mecânico?
- 2) Quais as partes essenciais de um motor a combustão?
- 3) Qual a diferença entre um motor de quatro tempos e um de dois tempos?
- 4) Como eles funcionam?
- 5) Quais as diferenças entre os motores a álcool, a gasolina e a diesel?
- 6) Como funciona o motor de um carro flex?

AULA 8

Encaminhamento metodológico

Após o debate em sala, apresentar os vídeos disponíveis nos endereços abaixo relacionados, complementando as ideias dos alunos e sanando quaisquer dúvidas que possam ter ficado. O vídeo “Diferença entre motores Diesel e Gasolina” explica detalhadamente como acontece cada etapa do funcionamento do motor. Já o vídeo “Diferença entre um motor de 2 e 4 tempos”, deixa claro, além da diferença entre eles, quais as vantagens e onde são utilizados. O Terceiro vídeo deve ser assistida até os 3 min e 36 seg. Intitulado de “Motor flex: mitos ou verdades?” explica o funcionamento do Motor flex e ainda busca sanar algumas dúvidas que costumamos ter sobre o mesmo.



Figura 25: Diferença entre motores Diesel e Gasolina
<https://www.youtube.com/watch?v=RcV6OAZiGSE>

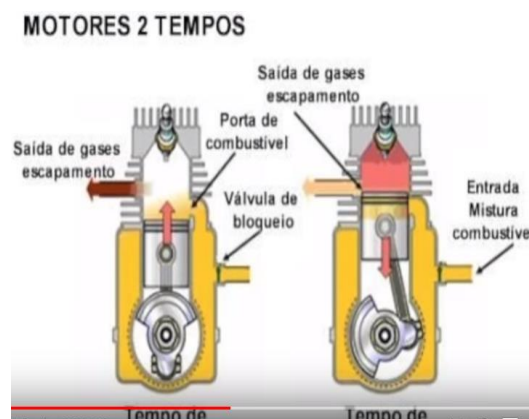


Figura 26: Diferença entre um motor de 2 e 4 tempos
<https://www.youtube.com/watch?v=QDng-C56o1o>



Figura 27: Motor flex: mitos ou verdades?
 Fonte:
<https://www.youtube.com/watch?v=dgXJNiSRNg>

QUINTO ENCONTRO: Duração de 2 hora aula

Papel do professor

O professor poderá usar o Kahoot.it para atender seus objetivos educacionais. É uma boa ferramenta para discutir com os alunos os temas abordados nas questões. Pode ser usada também para resumir um tópico de uma forma divertida, interativa e envolvente. O Kahoot.it será usado para investigar os conhecimentos dos alunos sobre o conteúdo abordado em sala de aula, uma vez que é exemplo de avaliação formativa.

O que se espera

Por tratar-se de um jogo virtual, que utiliza ferramentas do cotidiano dos alunos, espera-se despertar o interesse, revisar os conteúdos trabalhados, aprofundar determinados temas e avaliar o desempenho dos mesmos em sala de aula.

Material didático-pedagógico e estratégias

- Projetor multimídia
- Vídeo
- Imagens
- Smartphone
- Notebook

Objetivos específicos:

- Aumentar o interesse dos alunos em relação ao conteúdo bem como despertar o gosto pela disciplina;
- Retomar conhecimentos estudados trazendo-os para discussão em grupo.

AULA 9

Encaminhamento metodológico

Trabalhar com o aplicativo kahoot.it, dez questões na qual estará avaliando os alunos e também retomando o conteúdo de forma diferente e agradável.

O professor deve preparar as questões usando o link <http://create.kahoot.it>. Essas questões a serem respondidas deverão ser projetadas para todos os participantes por meio do projetor multimídia.

Para os participantes, é fornecido um código PIN pelo professor, por meio deste código o aluno ou equipe, escolhe um nome e passarão a ter acesso a uma tela que contém as opções de resposta para as questões projetadas. Este layout pode ser transmitido através de diversos dispositivos (PC, tablet, aparelho celular) desde que estejam conectados à internet, através do link, <https://kahoot.it>.

Para elaborar um questionário no Kahooti.it, o professor deverá acessar o link <https://create.kahoot.it> e criar uma conta. Na sequência clique em **Quiz**. Então vai abrir uma janela pedindo para dar um título ao questionário que pretenda criar. Para essa Sequência Didática o título foi “**Termodinâmica**”. Após criar o título no campo destinado, clique em **Go!**

Na tela seguinte aparecerá *Question 1*, onde será digitada a pergunta. Para cada questão, tem a opção de acrescentar imagens ou vídeos para ilustra-la. No canto superior esquerdo aparece as opções **Image** e **Video**. Clique em qual deseja utilizar e depois em **Choose file** para selecionar vídeos ou imagens salvas em seu computador. Para vídeos, basta colar o link diretamente do Youtube na janela que pede ID. O Kahoot dá a opção de escolher em qual ponto o vídeo começa ou termina. Selecione também o **time limit**, indicando o tempo necessário para responder à questão.

Na sequência, role a barra da tela até aparecer quatro janelas em branco destinadas as opções de respostas. Após inserí-las, clique no botão vermelho abaixo da alternativa correta. Ele vai mudar de **Incorrect** para **Correct** e ficará verde. Se tiver mais de uma opção correta, repita o procedimento.

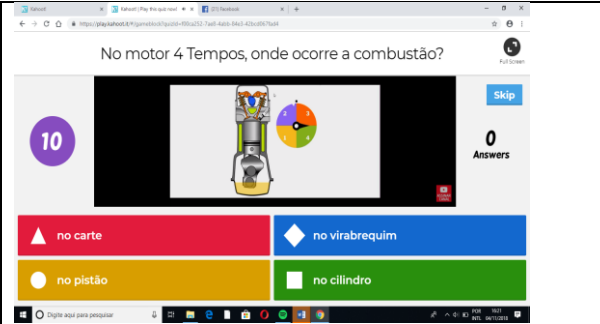

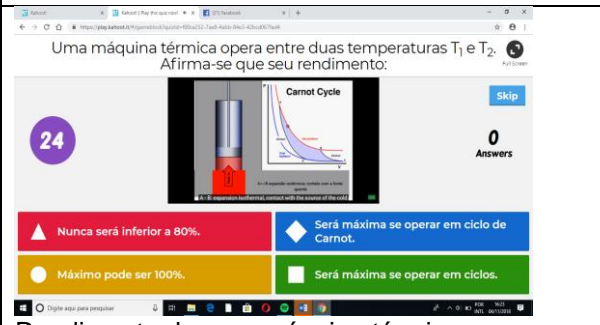



Para criar mais questões, buscar a opção **Add question** no rodapé. Ao clicar nela, outra aba aparecerá com a **Question 2**. Repita os mesmos passos e crie quantas questões julgar necessário. Quando terminar o questionário, no canto inferior direito, clique no botão verde **Save end continue**. Vai aparecer outra tela com a opção de

alterar a ordem das questões. Se julgar que está bom, clique novamente em **Save end continue**.

Para jogar clique em **Play** e aparecerá um número **Game Pin**, que deverá ser repassado aos jogadores.

O vídeo disponível no endereço <https://youtu.be/RXgo4HqGpYw>, trata-se de um tutorial que ensina o passo-a-passo de como criar um Quiz com perguntas e respostas utilizando diferentes recursos como imagens, vídeos, animações entre outros.

As questões propostas nesta sequência Didática estão disponíveis no quadro 5 a seguir:

 <p>No motor 4 Tempos, onde ocorre a combustão?</p> <p>10</p> <p>0 Answers</p> <p>▲ no carte ◆ no virabrequim</p> <p>● no pistão ■ no cilindro</p>	 <p>A expressão que representa o primeiro princípio da termodinâmica relaciona as grandezas:</p> <p>16</p> <p>0 Answers</p> <p>▲ Força, calor e temperatura. ◆ Trabalho, energia interna e massa.</p> <p>● Calor, trabalho e energia interna. ■ Pressão, massa e temperatura.</p>
 <p>Uma máquina térmica opera entre duas temperaturas T_1 e T_2. Afirma-se que seu rendimento:</p> <p>24</p> <p>0 Answers</p> <p>▲ Nunca será inferior a 80%. ◆ Será máxima se operar em ciclo de Carnot.</p> <p>● Máximo pode ser 100%. ■ Será máxima se operar em ciclos.</p>	 <p>As máquinas a vapor foram o "estopim" da:</p> <p>13</p> <p>0 Answers</p> <p>▲ Revolução Francesa ◆ Segunda Guerra Mundial</p> <p>● Primeira Revolução Industrial ■ Primeira Guerra Mundial</p>
 <p>É impossível um dispositivo térmico, que operando em ciclos, converta todo calor em trabalho.</p> <p>26</p> <p>0 Answers</p> <p>▲ Esse enunciado refere-se a Primeira Lei da Termodinâmica ◆ Esse enunciado refere-se a Segunda Lei da Termodinâmica</p> <p>● Esse enunciado refere-se a Terceira Lei da Termodinâmica ■ Esse enunciado refere-se a Lei Zero da Termodinâmica</p>	 <p>Um sistema termodinâmico tem 200 J de trabalho realizado sobre ele. Qual o sinal do trabalho?</p> <p>20</p> <p>0 Answers</p> <p>▲ $W = 200 \text{ J}$ ◆ $W = -200 \text{ J}$</p> <p>● $W = 200 \text{ kcal}$ ■ $W = -200 \text{ kcal}$</p>

Vídeo demonstrando os quatro tempos de um motor de combustão interna.

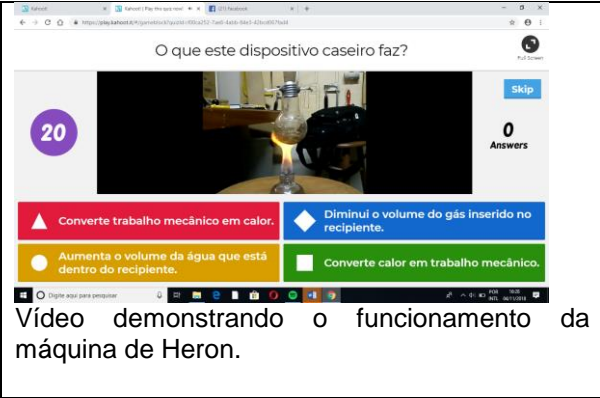

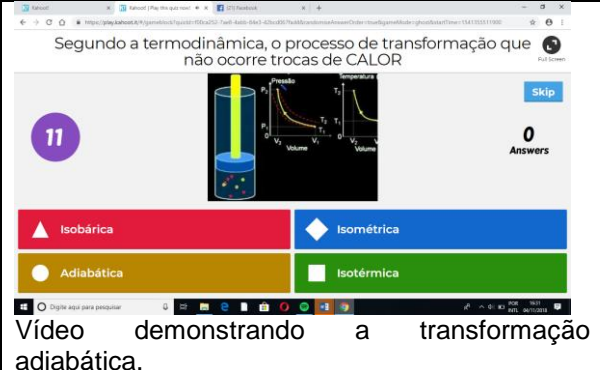
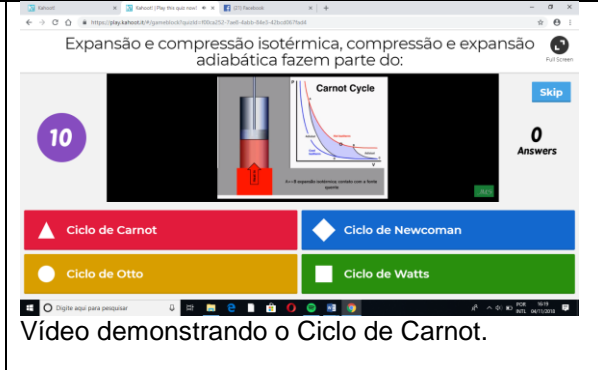
Simulador de uma máquina térmica.

Rendimento de uma máquina térmica.

Grandes chaminés demonstrando o papel das máquinas térmicas na Revolução Industrial.

Locomotiva a vapor.

Sistema formado por um cilindro contendo um gás ideal e munido de um êmbolo.

 <p>Vídeo demonstrando o funcionamento da máquina de Heron.</p>	 <p>Imagem de uma máquina térmica.</p>
 <p>Vídeo demonstrando a transformação adiabática.</p>	 <p>Vídeo demonstrando o Ciclo de Carnot.</p>

AULA 10

Atividade Extracurricular

Após as indagações realizadas sobre o jogo, solicitar aos alunos que formulem questões, de preferência, com respostas curtas referente a Termodinâmica, que serão usadas no Jogo de Tabuleiro “Na Trilha da Termodinâmica” em aulas futuras. Cabe ao professor, organizar e digitaliza-las para aproveitar no jogo. Essa atividade poderá ser desenvolvida em casa pelos alunos e ser computadas como atividade avaliativa. Caso haja tempo, podem ser realizadas em sala de aula.

Seminário

Os alunos deverão apresentar suas pesquisas realizadas em equipe em forma de seminário, envolvendo os tópicos a seguir.

- 1- Defina Termodinâmica, levando em consideração a história desta área, sua evolução e as respectivas aplicações.

- 2- Em qual contexto histórico surgiram às máquinas térmicas? Comente utilizando textos, vídeos, imagens e exemplos.
- 3- Caracterize quais as duas ideias essenciais da Segunda Lei da Termodinâmica.
- 4- Defina Ciclo de Carnot relacionando a teoria com exemplos do dia a dia, podem ser usados reportagens, imagens e vídeos.
- 5- Comente qual a diferença entre as máquinas térmicas do tipo frigoríficas e as máquinas térmicas convencionais. Qual a razão desta diferença?
- 6- Quando ouvimos a expressão máquinas térmicas, é comum associá-la à máquina a vapor. Os barcos a vapor, certas locomotivas e as panelas de pressão são máquinas térmicas. Mas você sabia que carros também são máquinas térmicas? Descreva o que ocorre num motor de quatro tempos que funciona em ciclos, com imagens, vídeos ou texto.

A sugestão do trabalho de pesquisa foi retirado da Revista CIATEC – UPF, vol.9 (2), p.p.74-83, 2017 O ENSINO DE TERMODINÂMICA A PARTIR DE PESQUISAS EM FERRAMENTAS DA INTERNET Simone Bonora Mazaro, Luiz Marcelo Darroz.

SEXTO ENCONTRO: Duração de 2 hora aula

AULA 11

Papel do professor

O professor deverá explicar as regras do jogo aos alunos e mediar as discussões em relação às questões que os alunos apresentarem dúvidas.

O que se espera

Espera-se que os alunos se sintam motivados a participarem da aula, desenvolvendo o jogo com entusiasmo e comprometimento, assimilando melhor os conteúdos estudados.

Objetivos específicos:

- Trabalhar conceitos relacionados à Termodinâmica
- Relembrar e assimilar os conteúdos estudado
- Desenvolver a cooperação por meio de atividades em equipes

Encaminhamento metodológico: JOGO DE TABULEIRO “NA TRILHA DA TERMODINÂMICA”

O Jogo Pedagógico “Na Trilha da Termodinâmica” tem por objetivo trabalhar conceitos relacionados à disciplina de Física, ou seja, os conteúdos abordados de Termodinâmica no Ensino Médio. Espera-se com o desenvolvimento do jogo os alunos possam relembrar os conteúdos estudados e até mesmo aprender novos conceitos, uma vez que estarão se esforçando para ganhar o jogo.

Série adequada para o jogo

2º ano do ensino médio

Quantidade de jogadores ou equipes

Podem participar até três equipes ou três jogadores.

Material

- 1 tabuleiro.
- 30 cartões com perguntas e respostas referente ao estudo da termodinâmica.
- 01 dado comum (01 a 06).
- 03 marcadores.

Como jogar

A trilha será composta de cinquenta casas ou mais, distribuídas em números e perguntas. As cartas deverão ser colocadas viradas par baixo em forma de monte. As equipes sorteiam entre si a ordem de jogada (par ou ímpar; maior número no dado etc.). A primeira equipe deve jogar o dado e andar a quantidade de casas que tirou.

Caso caia numa casa com ponto de interrogação deve tirar uma carta do monte e, sem olhar para ela, passar à equipe adversária que irá ler para eles. Se conseguirem responder, continua na casa que está após tem andado a quantidade de casas tiradas no dado. Se errar, retorna para onde estava. Se parar numa casa marcada, deverá seguir as instruções do tabuleiro e passar a vez para a outra equipe. Repetir os procedimentos com as outras equipes ou jogadores. Ganha a equipe que chegar primeira ao final da trilha.

Importante: O professor poderá comentar as respostas dadas pelos alunos, fazer correções ou complementações, se necessário, escutar as experiências dos estudantes entre outras coisas que considerar pertinentes.

Variação do Jogo: O jogo de tabuleiro pode ser usado para trabalhar diversos conteúdos, sendo necessário somente trocar as cartas perguntas e respostas. Dessa forma, o professor pode utilizar o jogo para qualquer conteúdo trabalhado ou disciplina. Observação: Neste jogo foi utilizada algumas perguntas respostas formuladas pelos próprios alunos, outras pelo professor e embasadas em algumas questões do jogo Conhecendo a Física, elaboradas pelos professores Marcos Cesar Danhoni Neves e Ricardo Francisco Pereira, o qual serviu de inspiração para desenvolver o Jogo. Porém, é possível formular questões de acordo com a série a ser trabalha. Por exemplo: elaborar questões envolvendo Movimento para trabalhar com o 1º ano do ensino médio, sobre Física Térmica, Óptica e Ondas para o 2º ano, Eletromagnetismo e Física Moderna para o 3º ano.

O tabuleiro demonstrado foi construído no PowerPoint, personalizado com imagens relacionadas a termodinâmica e poderá ser impresso em papel sulfite A3 ou de acordo com a preferência do professor. Também é necessário confeccionar mais jogos, de acordo com o número de alunos da turma que pretenda aplicar. Para atender uma turma de aproximadamente 30 alunos, com grupos de 6 alunos por tabuleiro e estes divididos em 2 equipes de 3 integrantes, são necessários 5 tabuleiros. Os marcadores e os dadinhos podem ser construídos pelo professor ou ser utilizados

brinquedos, como o demonstrado na figura 28, que são fáceis de serem encontrados e com um custo bem acessível. A figura 29 ilustra o tabuleiro do jogo.

Figura 28: Acessórios do Jogo Na Trilha da Termodinâmica.



Figura 29: Tabuleiro do Jogo Na Trilha da Termodinâmica (tamanho real A3).

NÀ TRILHA DA TERMODINÂMICA

JOGO DE TABULEIRO – Prof. Robineide Borges de Souza

L A R G A D A

Se chegou até aqui é porque mandou muito bem. Como prêmio avance 1 casa.

Você sabia que máquina de Heron inventado no século I não teve uma aplicação prática na época. Volte para a largada.

As máquinas térmicas tiveram um papel significativo no desenvolvimento tecnológico do mundo. Avance 3 casas.

O motor de um foguete usa o calor de combustão para realizar trabalho impulsionando o veículo de lançamento. Avance 2 casas.

A Termodinâmica está presente em nosso cotidiano. Como exemplo podemos citar os fenômenos meteorológicos. Volte 3casas.

1	2	3	?	5	?	7	8	?	?	11	12	?	14	15	16
38	32	?	30	29	28	27	?	25	24	23	?	22	21	?	19
34	?														
36	37	?	39	40	41	?	43	44	?	46	47	48	?	50	

$\Delta U = Q - W$

C H E G A D A

<p style="text-align: center;">NA TRILHA DA TERMODINÂMICA</p> <p style="text-align: center;">Cartões perguntas e respostas</p>	<p>A primeira lei da Termodinâmica relaciona três grandezas físicas presentes na natureza. Quais são elas? R: Trabalho, calor e energia</p>
<p>Em que etapa da história ocorreu a descoberta da utilidade da energia liberada da queima do carvão como uma forma de impulsionar as máquinas a fazerem um trabalho que antes dependeria de muita força bruta humana? R: Primeira Revolução Industrial</p>	<p>Como são chamadas as válvulas responsáveis por abrir passagem para os gases da explosão para fora do cilindro? R: Válvulas de exaustão</p>
<p>Que parte é responsável por lançar uma faísca que explode a mistura “ar e combustível” impulsionando violentamente o pistão para baixo? R: Vela</p>	<p>Dentro de qual parte do motor ocorre a explosão? R: Cilindro</p>
<p>No motor de quatro tempos, em qual fase ocorre a entrada do ar e do combustível no cilindro? R: Admissão</p>	<p>Em qual fase do motor de quatro tempos, o pistão queima o combustível comprimindo a mistura? R: Compressão</p>
<p>O que ocorre com a entropia do Universo em um processo natural espontâneo? R: Aumenta</p>	<p>O experimento Berço de Newton representa qual tipo de processo termodinâmico? R: Processo reversível</p>

<p>Verifique se a afirmação abaixo é verdadeira ou falsa: A única máquina térmica que tem eficiente de 100% é a Máquina de Carnot. R: Falso, não existe máquina térmica que operando em ciclos obtenha rendimento de 100%.</p>	<p>Como são chamados os processos termodinâmicos que ocorrem em um determinado sentido, porém não ocorrem em sentido contrário? R: Processos irreversíveis</p>
<p>Quais são as etapas de um motor de quatro tempo? R: Admissão, compressão, expansão e exaustão</p>	<p>O sonho dos inventores é produzir uma máquina térmica perfeita. O que faria tal máquina? R: A conversão total de calor em trabalho</p>
<p>Essa afirmação é verdadeira ou falsa: “Não é recomendado calibrar os pneus após o veículo ter percorrido um longo percurso por que o ar do interior do pneu aquece com o atrito com o solo e passa a ocupar mais espaço. Ao esfriar, o pneu terá a pressão abaixo da calibrada inicialmente”. R: Verdadeira</p>	<p>Como é chamada a Lei da termodinâmica que trata sobre o equilíbrio térmico dos corpos? R: Lei Zero da Termodinâmica</p>
<p>O que é necessário para que se tenha uma transformação isovolumétrica? R: Que o volume do gás permaneça constante</p>	<p>Em uma transformação isotérmica, se aumentarmos o volume, o que acontece com a pressão do gás? R: A pressão diminui</p>
<p>Como é chamada a transformação onde a temperatura permanece constante e variam somente a pressão e o volume do gás? R: Transformação isotérmica</p>	<p>Qual a transformação onde a pressão permanece constante e há variação da temperatura e do volume do gás? R: Transformação isobárica</p>

O estado termodinâmico de um gás é definido por três grandezas físicas. Quais são elas?

R: Volume, pressão e temperatura

Quando um gás sofre uma expansão, qual o sinal do trabalho realizado?

R: Trabalho é positivo

Quando um gás sofre compressão, o trabalho é negativo, pois o meio realiza trabalho sobre o ele. O que acontece com o volume do gás nessa situação?

R: Diminui

Cite pelo menos um tipo de combustível utilizado nas primeiras máquinas térmicas?

R: Carvão/lenha/madeira...

Qual o trabalho realizado numa transformação isovolumétrica ao receber calor do meio externo?

R: O trabalho é nulo.

Como é chamada a transformação onde uma massa gasosa, partindo do estado inicial, sofre uma transformação e retorna ao estado inicial?

R: Transformação cíclica

Cite pelo menos uma das vantagens dos Motores Quatro Tempos em relação aos Motores de Dois Tempos.

R: Baixo consumo/baixa emissão de gases

Apesar de raro, o Motor de Dois Tempos ainda são utilizados nos dias atuais. Dê um exemplo.

R: Motos de Corridas

O calor não migra espontaneamente de um corpo de temperatura mais baixa para outro de temperatura mais alta. Esse é o enunciado de qual lei da termodinâmica?

R: Segunda Lei da Termodinâmica

O princípio da conservação de energia afirma que o valor da energia de um sistema é constante, não podendo ser criada ou destruída, apenas transformada. A qual lei da termodinâmica esse princípio se refere?

R: Primeira Lei da Termodinâmica

2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O PRODUTO

A implementação dessa sequência didática por si só não garante a eficiência do processo de ensino-aprendizagem, tão pouco tem essa pretensão, pois somos conhecedores dos diversos fatores que impedem a aquisição total do conhecimento. No entanto, o produto educacional proposto tem como objetivo, auxiliar os professores de Física na preparação de suas aulas, buscando proporcionar aos alunos um ambiente de aprendizagem motivador. Assim, foi elaborado utilizando recursos didáticos diferenciados, que contribuem para a aprendizagem, motivação, participação e discussão nas aulas de Física, sem perder o rigor científico necessário.

A sequência didática foi construída de acordo com as orientações de Zabala (1998), explorando conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, atendendo a documentos oficiais que orientam a educação brasileira e assinalam para a formação de cidadãos críticos, que saibam agir e atuar no ambiente em que vive.

Com esse olhar, a sequência didática sobre Leis da Termodinâmica e Máquinas Térmicas foi desenvolvida em uma turma de segundo ano do ensino médio de uma instituição pública. Por meio da implementação dessa sequência foi possível perceber alguns resultados, que podem ser considerados positivos, uma vez que os alunos se mostraram bastante participativos e empolgados com as atividades propostas. Em todas as atividades houve participação dos mesmos, mas não podemos deixar de destacar a relevância dos jogos educacionais, que tanto o virtual quanto o de tabuleiro, proporcionaram um diferencial durante as aulas. Foi notório a colaboração entre os alunos e a participação do trabalho em equipe. Podemos afirmar ainda que o enfoque diferenciado que foi apresentado nesta sequência, minimizaram o peso que a disciplina tem perante os alunos, tornando-os mais próximos da disciplina e do conhecimento abordado.

Verificamos ainda, o desenvolvimento da habilidade da expressão oral, que por meio das rodas de conversa, debates e seminários, os alunos tiveram bastante participação, mesmo aqueles mais quietos. Desse modo, podemos inferir que o material proposto possui potencial pedagógico e pode ser aplicado por outros professores a alunos de diversas regiões, visto que os materiais utilizados são de fácil acesso e podem ajudar no desenvolvimento do processo de ensino aprendizagem.

Referências

BARRETO, Benigno; XAVIER, Claudio da Silva. **Física aula por aula: mecânica dos fluidos, termologia, óptica, Vol 2 – 3ª Edição.** São Paulo: FTD, 2016.

CASSETTARI, Fernando Taranto. **Estudo de caso: uso de um quiz game para revisão de conhecimentos em gerenciamento de projetos.** Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, 2015.

HALLIDAY, D. RESNICK, R. WALKER, J. **Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica.** Volume 2. 9ª ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2012.

HÜLSENDEGER, Margarete J. V. C. **A História da Ciência no ensino da Termodinâmica: um outro olhar sobre o ensino de Física.** Rev. Ensaio. Belo Horizonte. Volume 09 , n.02 (p.222-237) 2007.

PEREIRA, R. F. **Recursos de Física.** Disponível em: <<http://www.recursosdefisica.com.br/>>. Acesso em: 27 out. 2017.

PINTO, Ingrid Kelly L. dos S., SILVA, Ana Paula B. da. **As Leis Da Termodinâmica, Sadi Carnot e as Transformações Sociais.** Física na Escola, v. 16, n. 1, 2018. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol16-Num1/a06.pdf> . Acesso: 17 jun. 2018.

SAVI, Arlindo. A. COLUCCI, César Canesin. **Termodinâmica – Coleção Formação de Professores em Física – EAD, v. 10, Eduem. Maringá, 2010.**

Valadares, E. C. **Física mais que divertida.** Belo Horizonte: UFMG, 2000. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=0vcLGEZDAME>> Acesso: 26 mai. 2018.

YOUNG, H. D. FREEDMAN, R. A. **Sears e Zemansky Física II Termodinâmica e Ondas.** 12 ed. São Paulo: Pearson, 2013.

ZABALA, A. **A Prática Educativa - como ensinar.** Porto Alegre: Artmed, 1998.