



HISTÓRIA DA FÍSICA COMO ORGANIZADOR PRÉVIO: O ESTUDO DAS MÁQUINAS TÉRMICAS

Leonardo Magalhães da Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Tarciso Silva de Andrade Filho

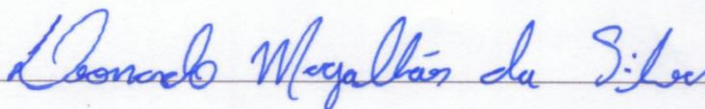
Marabá-Pará
Julho-2019

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS-ICE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

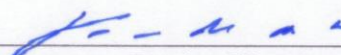
ATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO MESTRADO
NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

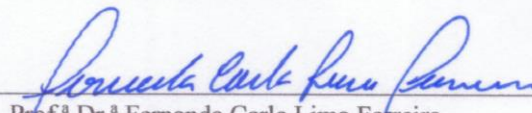
ATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO INTITULADO **“HISTÓRIA DA FÍSICA COMO ORGANIZADOR PRÉVIO: O ESTUDO DAS MÁQUINAS TÉRMICAS”** PARA CONCESSÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENSINO DE FÍSICA, REALIZADA ÀS 09:00 HORAS DO DIA 01 DE JULHO DE 2019, NO MINIAUDITÓRIO DA GEOLOGIA, CAMPUS II. A DISSERTAÇÃO FOI APRESENTADA DURANTE 50 MINUTOS PELO CANDIDATO **LEONARDO MAGALHÃES DA SILVA**, DIANTE DA BANCA EXAMINADORA APROVADA PELA SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, ASSIM CONSTITUÍDA: MEMBROS: PROF. DR. TARCISO SILVA DE ANDRADE FILHO (ORIENTADOR), PROFA. DRA. FERNANDA CARLA LIMA FERREIRA (MEMBRO INTERNO), E PROF. DR. JOÃO FURTADO DE SOUZA (MEMBRO EXTERNO). EM SEGUIDA, O CANDIDATO FOI SUBMETIDO À ARGUIÇÃO, TENDO DEMOSTRADO SUFICIÊNCIA DE CONHECIMENTOS NO TEMA OBJETO DA DISSERTAÇÃO, HAVENDO A BANCA EXAMINADORA DECIDIDO PELA APROVAÇÃO DA MESMA. PARA CONSTAR, FORAM LAVRADOS OS TERMOS DA PRESENTE ATA, QUE LIDA E APROVADA RECEBE A ASSINATURA DOS INTEGRANTES DA BANCA EXAMINADORA E DO CANDIDATO.

CANDIDATO:



BANCA:


Prof. Dr. Tarciso Silva de Andrade Filho
(Orientador)


Prof.ª Dr.ª Fernanda Carla Lima Ferreira
(Membro Interno)


Prof. Dr. João Furtado de Souza
(Membro Externo)

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) **Biblioteca II da UNIFESSPA. Marabá, PA**

Silva, Leonardo Magalhães da

História da física como organizador prévio: o estudo das máquinas térmicas / Leonardo Magalhães da Silva ; orientador, Tarciso Silva de Andrade Filho. — Marabá : [s. n.], 2019.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Instituto de Ciências Exatas - ICE, Mestrado Nacional em Ensino de Física - MNPEF, Marabá, 2019.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Física - História. 3. Máquinas térmicas. 4. Animação por computador. 5. Computação gráfica. I. Andrade Filho, Tarciso Silva de, orient. II. Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. III. Título.

CDD: 22. ed.: 530.07

Elaborado por Nádia Lopes Serrão CRB2/575

Dedico esta dissertação aos meus filhos Pedro Leonardo, Gabriel Leonardo, à minha enteada Grazielly, à minha esposa e sempre companheira Ruany, aos meus pais Francisco e Maria Nazete, aos meus irmãos Letícia e Júnior e aos meus alunos e colegas que irão utilizar meu produto educacional.

Agradecimentos

Agradeço profundamente a Deus, que nos concedeu a alegria do dom da vida.

A todos os Professores, que compartilharam seus conhecimentos e deram a força necessária para o término desse curso.

Ao meu orientador, que me recebeu de braços abertos e me deu o apoio necessário para o término desta dissertação.

Aos meus pais Francisco de Assis e Maria Nazete que com muito trabalho mostraram o que todo pai deveria ensinar para um filho, a honestidade e simplicidade e que com suas intensas orações fizeram-me acreditar que os medos jamais podem atrapalhar nossos sonhos.

Aos meus irmãos Letícia e Júnior, que sempre me apoiaram cuidando dos nossos pais em minha ausência.

A minha companheira Ruany Andrade dos Santos, que sempre acreditou em meu potencial mesmo quando nem eu acreditava.

Aos meus filhos, Pedro Leonardo e Gabriel Leonardo e minha enteada Grazielly que sem dúvida serviram de força e entusiasmo para a superação de todas as dificuldades enfrentadas ao longo dessa caminhada.

Aos meus amigos do Mestrado Profissional em Ensino de Física da Unifesspa, em especial Augusto e Thiago, que nos momentos de dúvida estavam presente para dar apoio.

Agradeço a todos, que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização de mais esse sonho em minha vida.

RESUMO

HISTÓRIA DA FÍSICA COMO ORGANIZADOR PRÉVIO: O ESTUDO DAS MÁQUINAS TÉRMICAS

Leonardo Magalhães da Silva

Orientador:

Prof. Dr. Tarciso Silva de Andrade Filho

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O trabalho consiste em uma nova abordagem de ensino da Física para alunos do segundo ano do ensino médio utilizando o estudo das máquinas térmicas como tema. Em tal abordagem utiliza-se a análise histórica como organizador prévio para o estudo da termodinâmica a partir de recursos computacionais (animação computacional e aplicativo para smartphone) para estudo teórico-prático, com o intuito de facilitar o processo de ensino-aprendizagem no estudo da Física no ensino médio organizando o conhecimento prévio do aluno, possibilitando assim que ele tenha subsunções necessários para a aprendizagem significativa na área. A aplicação destes recursos computacionais, que chamamos de cartilha eletrônica, foi feita em turmas de segundo ano do ensino médio de duas escolas no município de Marabá - Pa (uma pública e outra particular) que somaram um total de 54 alunos sendo 32 de escola particular e 22 de escola pública. Após a aplicação do método proposto os alunos responderam a dois questionários. Os resultados obtidos nos questionários foram animadores assim como a aceitação dos alunos sobre o método aplicado, o que possibilitou o aperfeiçoamento da animação computacional.

Palavras-chave: *Análise histórica, Termodinâmica, Animação computacional, Ensino-Aprendizagem.*

Marabá - Pa
Julho de 2019

ABSTRACT

TITLE OF DISSERTATION HISTORY OF PHYSICS AS A PRIOR ORGANIZER: THE STUDY OF THERMAL MACHINES

Nome do Mestrando

Supervisor(s):

Prof. Dr. Tarciso Silva de Andrade Filho

Abstract of master's thesis submitted to Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF),, in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

The work consists of a new approach to physics teaching for students of the second year of high school via the study of thermal machines as a theme. In this approach, historical analysis is used as a previous organizer for the study of thermodynamics from computational resources (computational animation and application for smartphone) for a theoretical-practical study, in order to facilitate the teaching-learning process in the study of Physics in high school organizing the student's prior knowledge, thus enabling necessary subsumers for meaningful learning in the area. The application of these computational resources, which we call the electronic primer, was done in second year high school classes of two schools in Marabá - Pa which totaled 54 students, 32 of which were from private schools and 22 from public school. After applying the proposed method, the students answered two questionnaires. The results obtained in the questionnaires were encouraging, as well as the students' acceptance of the applied method, which enabled the improvement of the computational animation.

Keywords: *Historical analysis; Thermodynamics; Computational animation; Teaching-Learning process*

Marabá
July, 2019

Lista de Tabelas

Tabela 1- 1ª questão.....	37
Tabela 2- 2ª questão. A alternativa correta é a letra C... ..	38
Tabela 3- 3ª questão. A alternativa correta é a letra D.	39
Tabela 4- 4ª questão. A alternativa correta é a letra E.....	40
Tabela 5- 5ª questão. A alternativa correta é a letra E.....	41
Tabela 6- 1ª questão.....	45
Tabela 7- 2ª questão. A alternativa correta é a letra C... ..	46
Tabela 8- 3ª questão. A alternativa correta é a letra D... ..	47
Tabela 9- 4ª questão. A alternativa correta é a letra E.....	48
Tabela 10- 6ª questão. A alternativa correta é a letra E.....	49

Lista de Mapas Conceituais

Mapa conceitual 5.1 – Etapas de aplicação..	27
---	----

Lista de Figuras

Figura 4.1 - Volume contendo certa quantidade de gás.	10
Figura 4.2 - Diagrama pV para evolução arbitrária e infinitesimal.....	12
Figura 4.3 - O trabalho depende de como evolui o sistema entre os estados (i) e (f).....	13
Figura 4.4 - Ciclo arbitrário no diagrama pV.	15
Figura 4.5 - Um gás comprimido que se expande isotermicamente.....	16
Figura 4.6 - Ciclo de uma expansão isotérmica quase-estática.	17
Figura 4.7 - Ciclo de Otto no diagrama pV.	18
Figura 4.8 - Representação de uma máquina térmica.....	20
Figura 4.9 - Motor ciclo Otto – admissão.....	21
Figura 4.10 - Motor ciclo Otto – compressão.....	21
Figura 4.11 - Motor ciclo Otto – explosão.	22
Figura 4.12 - Motor ciclo Otto – escape.....	22
Figura 4.13 - Motor ciclo Diesel – admissão..	23
Figura 4.14 - Motor ciclo Diesel – compressão..	24
Figura 4.15 - Motor ciclo Diesel – combustão..	24
Figura 4.16 - Motor ciclo Diesel – escape.....	25
Figura 5.1 - Animação – início.....	27
Figura 5.2 - Animação – Menu Principal..	28
Figura 5.3 - Animação – Máquinas à vapor..	29
Figura 5.4 - Animação – motor ciclo Otto.....	29
Figura 5.5 - Animação – motor ciclo Diesel..	30
Figura 5.6 - Animação – Anexos.....	31
Figura 5.7 - Menu Principal – App: “Tecnologias da Rev. Industrial: Máquinas Térmicas”.....	32
Figura 5.8 - Conteúdos do App..	32
Figura 5.9 - Bate-papo online.....	33
Figura 5.10 - Bate-papo offline.	34
Figura 6.1 - Aula de aplicação.....	35
Figura 6.2 - Aula de aplicação.....	36
Figura 6.3 - Aula de aplicação.....	43
Figura 6.4 - Aula de aplicação.....	44

Sumário

Capítulo 1 Introdução	1
1.1 Justificativa.....	2
1.2 Objetivo Geral	3
1.3 Objetivos Específicos	3
Capítulo 2 Aprendizagem Significativa e Organizadores Prévios de Ausubel	5
Capítulo 3 <u>A</u> Importância do Estudo Histórico	8
3.1 A História da Ciência para a BNCC	9
Capítulo 4 Termodinâmica	10
4.1 Trabalho.....	10
4.2 1ª lei da Termodinâmica	13
4.3 Processos Cíclicos	15
4.4 Máquinas Térmicas.....	15
4.5 Funcionamento dos motores ciclos Otto e Diesel.	20
4.5.1 Ciclo Otto 4 (quatro) tempos	20
4.5.2 Ciclo Diesel 4 (quatro) tempos	23
Capítulo 5 Metodologia	26
Capítulo 6 <u>Resultados e discussões</u>	35
6.1 Aplicação Escola Particular	35
6.1.1 <i>Questionário 1:</i>	36
6.1.2 Questionário 2:	41
6.2 Aplicação Escola Pública	43
6.2.1 <i>Questionário 1:</i>	44
6.2.1 <i>Questionário 2:</i>	49
6.3 App: “Tecnologias da Revolução Industria: Máquinas Térmicas”	31
Capítulo 7 <u>CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	52
Referências Bibliográficas.....	54
Apêndice A	56
Apêndice B	58
Apêndice C	59
Anexo A.....	67

Capítulo 1

Introdução

Atualmente, com diversas possibilidades de entretenimento ao alcance da mão, os jovens estão cada vez menos interessados em aprender disciplinas como física, química, matemática, entre outras. Com o texto aprovado ao final do ano de 2018 a última versão da Base Nacional comum curricular (BNCC) nos trouxe um currículo mínimo a ser seguido nas escolas. Esta nova base, exigirá dos professores de Física amplo conhecimento histórico e epistemológico, tanto para a superação de visões distorcidas sobre a Natureza da Ciência quanto para o planejamento e desenvolvimento de ações pedagógicas consistentes com os pressupostos educacionais (TENFEN, 2016). Porém, o estudo histórico, não vem sendo trabalhado em sala de aula pelos professores (GATTI *et al.* 2010).

Segundo França *et al.*:

“...é importante que alunos saibam a História da Física, para que eles cheguem a uma aprendizagem mais significativa e duradoura da Física, mais para isso, se faz necessário que os docentes que lecionem essa disciplina tenham formação na área, e que os alunos possam ter bons livros didáticos e laboratórios nas escolas, assim eles terão o conhecimento histórico e prático”.
(FRANÇA *et al.*, 2012, p. 8)

A disciplina Física é um dos grandes problemas no ensino médio para a maioria dos alunos egressos. Para os professores da disciplina, lidar com notas baixas e reprovações faz parte de seu cotidiano. Porém, tudo isso não é segredo pra ninguém e muito menos é um fato isolado. A grande questão é: Por quê?

Para solucionar essa questão propomos o uso da História da Física como organizador prévio de Ausubel (AUSUBEL, 2003). Com o intuito de auxiliar (o professor) na aplicação do método proposto e gerar condições que favoreçam o aprendizado do aluno, no sentido do mesmo compreender o que está sendo ministrado (COSTA, 2000), utilizamos uma animação computacional em formato de cartilha eletrônica (criada pelo próprio autor) chamada “Tecnologias da Revolução Industrial: Máquinas térmicas” (e uma versão resumida para *smartphone*).

Assim, segundo Romero Tavares, que defende o uso de animações interativas no ensino de física,

“as animações interativas facilitam a compreensão na medida em que possibilita ao estudante visualizar a representação matemática de um modelo da Natureza: é a transformação de uma equação em uma imagem da Natureza, e através da possível interação transformar o conteúdo lógico em conteúdo psicológico. Na medida em que interage com a informação, o estudante está construindo seu conhecimento, ele faz conexões importantes entre significados e desse modo possibilita a sua aprendizagem significativa.” (TAVARES, 2005. p. 5).

O presente trabalho propõe uma sequência didática (Apêndice C) utilizando uma cartilha eletrônica como produto educacional aplicada em turmas do segundo ano do ensino médio. Tal sequência propõe o estudo histórico de um tema relacionado à termodinâmica para ser trabalhado em sala como organizador prévio utilizando métodos teóricos e práticos com auxílio de uma animação computacional e componentes de um motor (como cilindro, êmbolo, válvulas, velas de ignição, etc.) no intuito de, além de chamar a atenção do aluno, simplificar a matemática envolvida no processo.

Além de ser uma tentativa de tornar as aulas mais atrativas e interativas, o modelo de ensino proposto também visa dinamizar as aulas utilizando equipamentos presentes na rotina do aluno para que possa correlacionar o que é passado em sala com a prática. De acordo com MOREIRA (2000) “aprendemos a partir do que temos em nossa estrutura cognitiva”, ou seja, aprendemos a partir de algo que já sabemos. Ambientar o aluno com o que já é visto por ele no seu cotidiano, junto à introdução de conceitos físicos poderá ser uma forma de aguçar a curiosidade do aluno na busca da descrição de tais fenômenos.

1.1 Justificativa

O que impulsionou a realização deste trabalho foi a falta de compreensão e interesse por parte dos alunos em relação à disciplina Física no ensino médio principalmente se tratando de termodinâmica. A cartilha produzida como material de apoio para professores e alunos, destina-se a auxiliar nas aulas através do uso da história

da Física como organizador prévio (AUSUBEL, 2003) para apresentar aos alunos subsunçores básicos para o aprendizado da Termodinâmica.

Participaram da aplicação do Produto Educacional alunos do segundo ano do ensino médio, período noturno, de uma escola pública¹ (estadual) localizada no interior do município de Marabá e alunos do segundo ano, período matutino, de uma escola particular² localizada também no município de Marabá.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN) mencionam a importância do estudo da história da Ciência em seu texto e reforça que não se trata apenas de citação de nomes, mas de apresentar os conhecimentos científicos com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por diversas condições. (BRASIL, 2018)(BRASIL, 2000).

1.2 Objetivo Geral

Auxiliar os alunos do segundo ano do ensino médio a compreender e correlacionar os fenômenos físicos com a prática, no caso, os temas relacionados à Termodinâmica usando a história da Física como organizador prévio.

1.3 Objetivos Específicos

- Compreender a importância que a Revolução Industrial teve no estudo da Termodinâmica;
- Entender e identificar as leis da Termodinâmica no dia-a-dia;
- Compreender os ciclos de funcionamento dos motores 4 (quatro) tempos dos ciclos de Otto e Diesel;
- Fornecer os subsunçores necessários aos alunos para a aprendizagem significativa em Termodinâmica.

¹ E.E.E.M. Dr. Gabriel Sales Pimenta. End. Avenida Araguaia. Morada Nova. Marabá - PA CEP: 68514-300

² Centro Educacional Disneylândia - CED. End. Fl 17, Qd 16 Lts 8, 9 e 10. Nova Marabá. Marabá - Pa. CEP: 68502-400

1.4 Produto

De forma clara e simples, este trabalho busca inserir o estudo da história da Física no ensino médio através dos Organizadores prévios de Ausubel (AUSUBEL,2003). Assim, o produto educacional desta dissertação é uma animação computacional em executável (.exe) em formato de cartilha eletrônica que será utilizada juntamente com sua versão para *smartphone* para a aplicação da proposta citada anteriormente.

A animação computacional serve como guia para o professor utilizar em suas aulas. Já o aplicativo para *smartphone* será para uso dos alunos fora da sala de aula de preferência. Nele o aluno irá ter informações adicionais sobre o conteúdo da disciplina fornecido pelo professor.

Capítulo 2

Aprendizagem Significativa e Organizadores Prévios de Ausubel

David Ausubel (1918-2008), graduado em Psicologia e Medicina, com doutorado em Psicologia do Desenvolvimento na Universidade de Columbia, onde foi professor por muitos anos, dedicou sua vida acadêmica ao desenvolvimento de uma visão cognitiva à Psicologia Educacional. Sua teoria não é nova, porém é atual. (MOREIRA, 2012).

O modelo de ensino clássico persiste de forma clara e evidente nas mais diversas salas de aula. Que se caracteriza pelo aluno como mero expectador de seu mestre, este com conteúdos prontos e respostas premeditadas, além de pouca motivação pela busca do conhecimento tornando o ensino algo mecanizado e fazendo com que o objetivo final seja uma nota de zero a dez.

As exigências dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN) e da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) convergem para alternativas inovadoras e coerentes de educação centrada no desenvolvimento do aluno, e que prima pelo aprimoramento da metodologia do ensino tendo como consequência a ampliação da motivação e interesse dos alunos nos seus estudos, neste caso, o da Física.

As teorias da aprendizagem significativa estão comumente sendo discutida nos mais diversos eventos acadêmicos, devido tamanha sua importância na construção social contemporânea dos cidadãos, consequência da rápida expansão dos ramos de econômicos que interferem diretamente na educação. Nos aspectos intelectuais e organizacionais que ao longo do ensino básico que compreendendo ensino fundamental e médio, os indivíduos devem ser capazes de tomar decisões, construir, e administrar suas vidas criticamente de acordo com suas necessidades no âmbito da globalização.

Desta forma pode-se encontrar diversas correntes de autores que trabalham com a aprendizagem significativa. Mas, para facilitar o estudo, dividimos esta teoria em duas categorias: “*condicionamento* e a de *cognição*”. A primeira enfatiza a consequência do ambiente acerca da aprendizagem, ou seja, onde o meio externo interfere na construção do conhecimento. A segunda categoria é conceituada a partir da

organização interna ou cognitiva do indivíduo sobre que se aprende. Assim, o ser interfere no mundo externo criticamente pela organização do que se aprende (COSTA; SILVA; OLIVEIRA, 2013).

Pode-se definir aprendizagem significativa como a interação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio (MOREIRA, 2000). Ou seja, os conhecimentos prévios são fundamentais para o processo de aprendizagem e englobam não só conhecimentos sobre o próprio conceito como também relações diretas ou indiretas que o aluno seja capaz de estabelecer com o novo conteúdo.

Dentre as demais especialidades da aprendizagem significativa, podemos destacar os organizadores prévios, como uma forma de organizar todo o conteúdo histórico que pode implicar no entendimento dos conceitos da física. Assim, a organização interdisciplinar de duas Ciências neste caso Ciências humanas (História) e Ciências Exatas (Física). Logo, Moreira (2000) define organizadores prévios como:

“Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem em si mesmo, em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade, para servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que deveria saber para que esse material fosse potencialmente significativo ou, mais importante, para mostrar a relacionabilidade e a discriminabilidade entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio” (MOREIRA, 2000. p. 6).

De forma mais clara, os organizadores prévios são utilizados quando os alunos ainda não possuem subsunçores³ adequados para atribuir significados aos novos conhecimentos (MOREIRA, 2012). Isso ocorre, por exemplo, quando o inicia o estudo das máquinas térmicas em termodinâmica, pois a maioria dos alunos não têm grandes conhecimentos sobre o assunto, porém possuem subsunçores relacionados ao assunto, como o “Princípio da Conservação da Energia” ou os conceitos de pressão, volume e temperatura e subsunçores mais “distantes” como Revolução Industrial. Tais

³“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”. (MOREIRA, 2012. p. 2).

“Subsunçores seriam, então, conhecimentos prévios especificamente relevantes para a aprendizagem de outros conhecimentos”. (MOREIRA, 2012. p. 10).

subsunções já foram apresentados aos alunos anteriormente. O papel do organizador prévio será de relacionar o novo conhecimento com algum subsunção que a princípio parece não haver relação nenhuma com o assunto estudado, no caso a “Revolução Industrial”.

O estudo da história como organizador prévio fará com que o aluno correlacione o que foi aprendido nas aulas de história, quando ele estudou o período de revolução industrial, com os assuntos estudados na Física. A princípio pode parecer um pouco confuso, mas faz sentido quando pensamos nas máquinas térmicas, pois perguntas como: “Quem criou?”; “Quem aperfeiçoou?”; “Como foram criadas?” surgem na cabeça do aluno.

Logo, a principal função dos organizadores prévios é estabelecer uma ponte entre o que o aluno já sabe o novo conteúdo. Assim acrescentar e organizar de forma ampla modificando construtivamente o modo de pensar do aluno.

Capítulo 3

A Importância do Estudo Histórico

Todo conhecimento científico que a humanidade possui hoje teve um início. As descobertas muitas vezes se deram por acaso e muitas outras vezes já foram previstas e posteriormente comprovadas. Seja qual for o fenômeno, conhecer a historicidade do mesmo leva o aluno entender como foi construído o conhecimento sobre determinado assunto.

“O desenvolvimento pessoal permeia a concepção dos componentes científicos, tecnológicos, socioculturais e de linguagens. O conceito de ciências está presente nos demais componentes, bem como a concepção de que a produção do conhecimento é situada sócio, cultural, econômica e politicamente, num espaço e num tempo. Cabe aqui reconhecer a historicidade do processo de produção do conhecimento” (BRASIL, 2000. p. 19).

Assim segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN), a abordagem histórica nas aulas de Física no ensino médio é um fator que pode fazer a diferença no processo de produção do conhecimento.

Segundo Silva (2012), devemos reconhecer a relevância do estudo histórico no ensino de ciências, pois elas podem oferecer subsídios à aprendizagem de teorias científicas, além de possibilitar discussões relevantes sobre a natureza, porém, Carvalho e Sasseron ressaltam que:

“Apesar de atividades que versem sobre tópicos de história da Física serem essenciais ao se pretender enculturar cientificamente os estudantes, é necessário que estas estejam inseridas em sequências de ensino que permitam o trabalho em sala de aula levando em conta os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Defendemos, pois, o uso de outras atividades de orientação construtivista, tais como demonstrações, laboratórios investigativos e resoluções de problemas abertos.” (CARVALHO e SASSERON, 2010. p. 113)

Para Michael Matthews⁴ (1994), um dos autores mais citados se tratando de história da ciência, se no ensino de física fosse incluído a história da ciência, dentre vários benefícios no processo de ensino-aprendizagem destaca-se a melhor compreensão dos conceitos e métodos científicos.

3.1 A História da Ciência para a BNCC

No texto aprovado ao final do ano de 2018 a última versão da Base Nacional comum curricular, BNCC, nos trouxe um currículo mínimo a ser seguido nas escolas. Tal texto já havia sofrido algumas alterações, passou por consulta pública e chegou a sua versão final. Mozena (2016) criticara o fato que em uma das versões do texto não havia a inclusão da história da Ciência. Fato que como o presente trabalho propõe é de suma importância. Porém, no texto aprovado em 2018 da BNCC a importância da história da Ciência foi destacada.

“A contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimentos humanos e sociais. Na BNCC, portanto, propõe-se também discutir o papel do conhecimento científico e tecnológico na organização social, nas questões ambientais, na saúde humana e na formação cultural, ou seja, analisar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.” (BRASIL, 2018, p. 549).

E mais,

“...a contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura.” (BRASIL, 2018, p. 550).

⁴ Autor do livro Science Teaching (1994) e fundador da revista Science & Education.

Capítulo 4

Termodinâmica

Para estabelecer a primeira lei da termodinâmica precisaremos usar o conceito de trabalho. A definição de trabalho envolve uma integração ao longo de um caminho que a partícula seguia desde um ponto inicial até um ponto final: esse tipo de integral é chamado de integral de linha. Se o sistema era conservativo, o valor dessa integral independia do percurso e era função somente dos pontos inicial e final. Neste caso, chamávamos de força conservativa. A interpretação geométrica do trabalho realizado sobre a partícula referia-se à área sob a curva em um gráfico da força versus distância (MELO, *et al.* 2009).

4.1 Trabalho

Segundo Melo, *et al* (2009) a maneira mais eficiente e simples de introduzir o conceito de trabalho em termodinâmica é usar um sistema composto por um gás. O trabalho mecânico realizado sobre o sistema pode ser tratado de forma semelhante àquele estudado em mecânica, considerando a variação de volume do sistema:

$$W_F^{i \rightarrow f} = \int_i^f \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} \text{ ao longo de algum caminho escolhido previamente}$$



Figura 4.1 - Volume contendo certa quantidade de gás

Fonte: MELO, *et al.* 2009, p. 114.

A Figura 4.1 mostra um recipiente com certa quantidade de gás em seu interior, em dois estágios do processo que queremos analisar. O dispositivo contém um êmbolo que pode se movimentar sem atrito. O que acontece quando empurramos este êmbolo, comprimindo o gás dentro do recipiente? (MELO, *et al.* 2009, p. 114) Resposta: depende. A compressão é realizada de forma lenta ou não? As paredes podem trocar calor com o meio externo ou são adiabáticas? Tais perguntas são importantes, pois dependendo da situação o gás troca calor ou não com o meio externo, podendo

sofrer uma transformação isotérmica ou adiabática. Suponha, então, que algum agente externo tenha comprimido o gás até certo volume V_i (não estamos interessados por quem e como isto foi feito). O êmbolo é então travado nesta posição e a seguir é lentamente liberado. Esse processo é chamado de processo quase-estático. O pistão se move lentamente, ou seja, infinitesimalmente de uma quantidade dx . Este mecanismo permite conhecer o valor da pressão em todo instante do processo. (MELO, *et al.* 2009)

Quando o pistão se move de $d\mathbf{r} = d\mathbf{i}$, o trabalho infinitesimal realizado pelo sistema pode ser escrito como:

$dW = F \cdot d\mathbf{r} = Fdx$, onde F é a força exercida pelo gás sobre o êmbolo.

Se o pistão tem área A , o volume infinitesimal dV pode ser escrito como $dV = Adx$. A pressão exercida por esta força (sobre o pistão) é $p = F/A$. Portanto:

$$dW = pA \times \frac{dV}{A} \rightarrow dW = p dV$$

Para uma variação finita (não infinitesimal), desde um volume V_i até um volume V_f , teremos:

$$W_{i \rightarrow f} = \int_{V_i}^{V_f} p dV \text{ (trabalho realizado pelo sistema)}$$

Adotamos a seguinte convenção de sinais: se o volume final é maior do que o volume inicial, houve uma expansão e a integral é positiva (p é sempre positiva). Neste caso, temos $W > 0$ (trabalho realizado pelo sistema). Se acontecer uma compressão, $V_f < V_i$, a integral é negativa e temos $W < 0$ (trabalho realizado sobre o sistema). (HALLIDAY, *et al.* 2009).

Para calcular a integral acima devemos conhecer a pressão ponto a ponto durante todo o processo: no caso de um gás ideal, $pV = nRT \rightarrow p = \frac{nRT}{V}$. Exatamente por isso que idealizamos um processo quase-estático: a pressão é conhecida durante toda a evolução do sistema. Se o pistão fosse liberado repentinamente, a expansão ocorreria de modo tão rápido que dificilmente poderíamos escrever a relação funcional $pV = nRT$ para todo instante da descompressão, pois não saberíamos o que colocar no integrando para o cálculo da integral. (MELO, *et al.* 2009).

A interpretação geométrica do trabalho realizado pelo gás pode ser dada de maneira semelhante àquela utilizada para partículas, porém, neste caso temos o que se chama de diagrama pV (figura 4.2). A área sob a curva é numericamente igual ao trabalho realizado pelo sistema e diferentemente do caso de partículas no qual a força pode ser positiva ou negativa, a pressão é sempre positiva. Assim, os diagramas pV se situam sempre no 1º quadrante porque p e V são positivos. (MELO, *et al.* 2009).

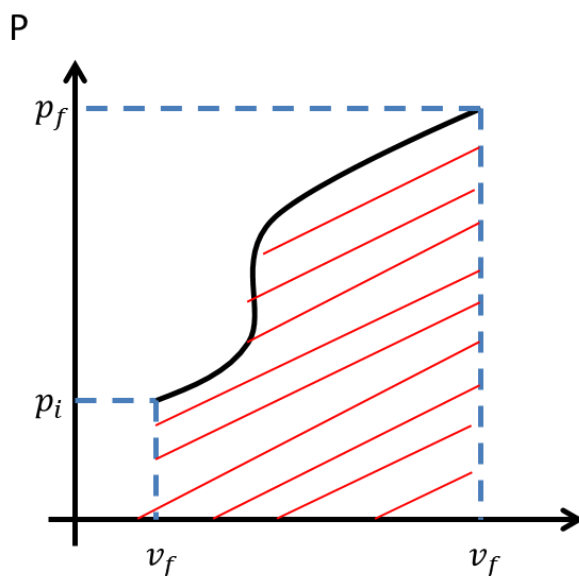
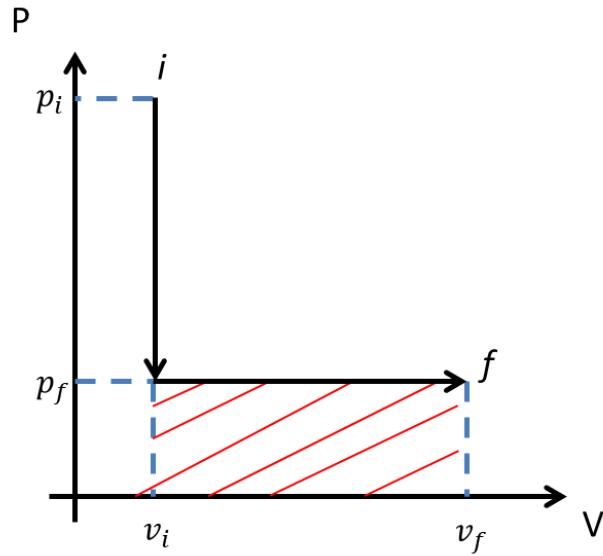


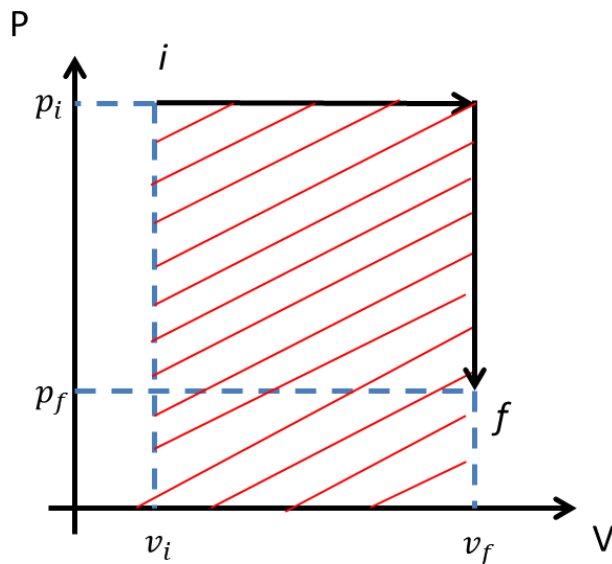
Figura 4.2 – diagrama pV para evolução arbitrária e infinitesimal.

Fonte: Próprio autor

Esse exemplo permite concluir algo muito importante sobre o trabalho realizado por um sistema. Observe os diagramas pV referentes aos processos (a) e (b) (Figura 4.3): os valores numéricos das áreas sob as curvas são diferentes. No caso (b) o trabalho é maior do que no caso (a). O que se pode concluir deste fato é que o trabalho realizado pelo gás depende do caminho seguido entre os estados inicial e final. Se para dois processos diferentes (mas com mesmos volumes inicial e final), os resultados fossem iguais, seria mais uma coincidência matemática do que uma característica do comportamento físico do sistema. Expresso de outra forma, se dois valores do trabalho são diferentes para dois caminhos ligando os estados inicial e final, temos uma indicação de que o trabalho depende de como se verifica a evolução do sistema. (HALLIDAY, *et al.* 2009).



a) Transformação isocórica seguida por isobárica.



b) Transformação isobárica seguida por isocórica.

Figura 4.3 – O trabalho depende de como evolui o sistema entre os estados (i) e (f).

Fonte: Próprio autor

4.2 1ª lei da Termodinâmica

A formulação matemática da primeira lei da termodinâmica contém três ideias relacionadas: A existência de uma função chamada energia interna; O princípio da conservação da energia e a definição de calor como energia em trânsito devido a uma diferença de temperatura. A energia interna é formada por diversas contribuições: a energia cinética de translação, a energia cinética de rotação dos átomos que formam

cada molécula em torno de seu centro, a energia cinética de vibração dos átomos em torno do ponto de equilíbrio, a energia potencial devido às interações entre as moléculas do gás. Porém, se o recipiente que contém o gás for elevado de uma altura h no campo gravitacional, esta variação não contribui para a energia interna. Isto significa que a energia interna de um sistema é invariante por translação. (MELO, *et al.* 2009).

Para estabelecer a primeira lei da termodinâmica, vamos imaginar o seguinte experimento: um gás está confinado em um recipiente que possui um pistão móvel e fornecemos a esse sistema uma quantidade de calor Q . Além do trabalho realizado pelo gás, sua temperatura aumenta. Um aumento de temperatura corresponde a um acréscimo da energia interna E do sistema. A primeira lei estabelece matematicamente que:

$$Q = \Delta E + W$$

Podemos escrever a relação sob a forma

$$\Delta E = Q - W$$

“A variação da energia interna de um sistema termodinâmico é a diferença entre o calor absorvido e o trabalho realizado pelo sistema”.

A primeira forma diz simplesmente que o calor absorvido pelo sistema é dividido em duas partes (não necessariamente iguais!): uma delas é usada para aumentar a energia interna e a outra parte é utilizada para que o sistema possa realizar trabalho.

A segunda forma, $\Delta E = Q - W$, é significativa do ponto de vista conceitual: vamos escrevê-la na forma diferencial

$$dE = dQ - dW.$$

A função energia interna é uma variável de estado: dE é uma diferencial exata. Isto é surpreendente, pois a diferença entre duas diferenciais inexatas resulta em uma exata!

E somente esta diferença dá uma diferencial exata: qualquer outra relação tal como $2dQ - dW$, ou $dQ - 3dW$, depende do caminho seguido pela evolução do sistema e, portanto, resulta em uma diferencial inexata.

Existem situações para as quais as diferenciais inexatas se tornam exatas.

4.3 Processos Cíclicos

Os ciclos têm grande importância, tanto no aspecto teórico como nas aplicações tecnológicas. Para estas últimas, podemos citar os motores de combustão e os refrigeradores.

Um ciclo pode ser caracterizado por uma expansão e uma compressão e o sistema voltando ao estado inicial. A figura 4.4 mostra um ciclo arbitrário no diagrama pV . Um ciclo é representado no diagrama pV como uma curva fechada. Quando o sistema completa um ciclo, cada variável de estado retorna ao seu valor inicial.

As variáveis de estado que conhecemos até agora são p , V , T e E_{interna} . Em particular, a variação da energia interna do sistema após um ciclo é zero (como o é para toda variável de estado).

$\Delta E_{\text{interna}} = 0$ para um processo cíclico.

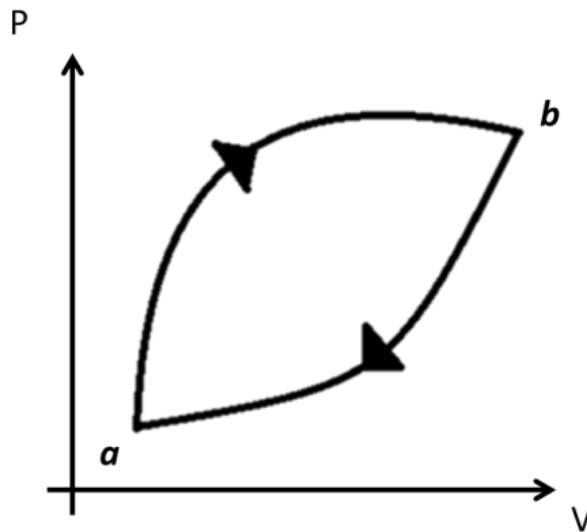


Figura 4.4 – Ciclo arbitrário no diagrama pV .

Fonte: Próprio autor

4.4 Máquinas Térmicas

A conversão de trabalho em calor ocorre espontaneamente quando o trabalho é realizado por forças dissipativas tais como o atrito. Em dias frios é comum

esfregar as mãos para aquecê-las. O freio dos automóveis por exemplo, convertem a energia mecânica do veículo em energia térmica devido às forças de atrito entre o disco e as pastilhas, fazendo assim que a energia dissipada na forma de calor gerado seja transferida para o meio ambiente. A conversão de calor em trabalho é uma questão um pouco mais complexa. Esta conversão é altamente conveniente do ponto de vista econômico. A energia transferida como trabalho presta-se a inúmeras aplicações práticas. Esta energia transferida na forma de calor não pode ser usada diretamente, por exemplo, para se erguer certa massa até a uma determinada altura. (MELO, *et al.* 2009).

Uma máquina térmica muito simples está representada na figura 4.5. Um cilindro metálico, provido de um pistão móvel, contém certa quantidade de um gás ideal. Inicialmente, este gás está comprimido e seu estado é caracterizado por uma pressão p_i , um volume V_i e uma temperatura T igual a do ambiente. (MELO, *et al.* 2009).

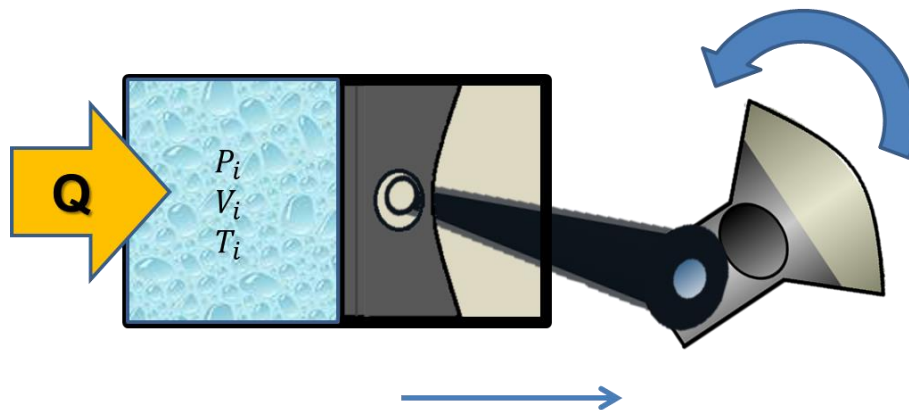


Figura 4.5 – Um gás comprimido que se expande isotermicamente.

Fonte: Próprio autor

No tópico 4.1, vimos que em uma expansão isotérmica quase-estática, o sistema absorve calor do meio para manter sua temperatura constante e o gás realiza trabalho sobre o pistão à medida que seu volume expande. Como o processo é isotérmico e o gás é ideal, a variação da energia interna é nula, e pela primeira lei da termodinâmica, $Q = W$. Neste processo, certa quantidade de calor absorvido, Q , é convertida em trabalho. Entretanto, este método de expansão simples não é muito satisfatório: ele acontece uma única vez. Após ocorrer a expansão, a pressão do gás se iguala à da atmosfera, p_0 , e o sistema fica em equilíbrio mecânico. Em um ciclo qualquer sabemos que o sistema realiza trabalho sobre o meio durante a expansão

(positivo), e durante a compressão o meio realiza trabalho sobre o sistema (negativo). O trabalho resultante é dado pela área compreendida pelo ciclo no diagrama pV . Se o ciclo evolui no sentido horário, o trabalho será positivo, e será negativo se ocorrer no sentido anti-horário. (MELO, *et al.* 2009).

Como $\Delta E = 0$ para um processo cíclico, a primeira lei nos dá:

$$Q_{\text{ciclo}} = W_{\text{ciclo}}$$

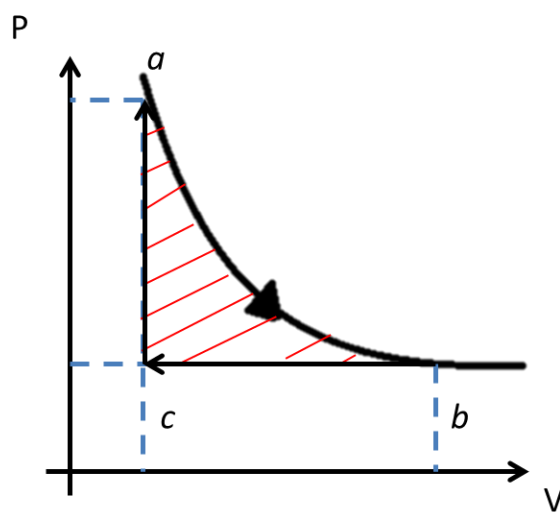


Figura 4.6 – Ciclo de uma expansão isotérmica quase-estática.

Fonte: Próprio autor

Ou seja, o trabalho resultante realizado em um ciclo é igual ao calor líquido acrescentado para o ciclo. Todas as máquinas térmicas operando em ciclo têm em comum algumas características. Uma substância, chamada de substância de trabalho, passa por um processo cíclico. O calor trocado é permutado com o meio pela substância de trabalho a (pelo menos) duas temperaturas diferentes: o calor é absorvido pelo sistema à temperatura mais elevada e deve ser cedido para o meio a uma temperatura mais baixa para completar o ciclo. É exatamente este calor líquido ($Q_{\text{absorvido}} = |Q_{\text{cedido}}|$) que representa o trabalho realizado pelo sistema no ciclo. Esta é uma conclusão geral e independe de como se verifica o ciclo e do tipo de substância de trabalho. Obviamente, alguns ciclos são mais eficientes do que outros e nos projetos de uma máquina térmica o objetivo é alcançar o maior rendimento possível. O ciclo de Otto representa, de forma idealizada, os processos cíclicos de um motor a explosão. A figura 4.7 representa um

ciclo para esse processo. No ponto *a*, uma mistura de ar/combustível entra na câmara de combustão e é comprimida adiabaticamente até o ponto *b*. Em seguida, é aquecida isocoricamente até o ponto *c* pela explosão da mistura devido à corrente elétrica nos eletrodos da vela: é exatamente nesse trecho que acontece a absorção de calor pelo sistema. A força motriz transferida do motor para as rodas se dá no trecho adiabático *cd*. O calor deixa o sistema no trecho isocórico *da*. Completado o ciclo, o sistema se posiciona para um novo ciclo a partir de sua posição inicial.

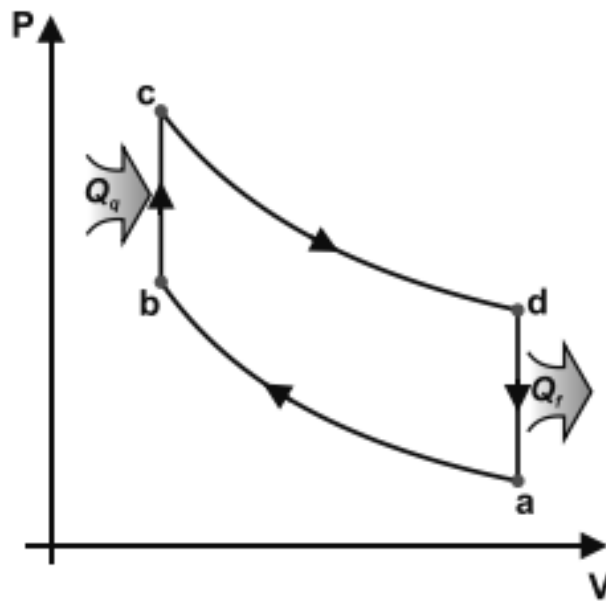


Figura 4.7 – Ciclo de Otto no diagrama pV.

Fonte: MELO, *et al.* 2009, p. 137.

O rendimento ϵ de uma máquina térmica é definido como a razão entre o trabalho realizado e o calor absorvido pelo sistema:

$$\epsilon = \frac{W}{Q_{abs.}} = \frac{Q_{abs} - |Q_{cedido}|}{Q_{abs}} = 1 - \frac{|Q_{cedido}|}{Q_{abs}}$$

O calor $Q_{abs.}$ é usualmente conseguido pela combustão de carvão, de derivados de petróleo ou de outra espécie de combustível que deve ser pago e, portanto, as máquinas térmicas devem ser projetadas para se ter o maior rendimento possível. Por exemplo, o motor a combustão tem rendimento da ordem de 50%. Observando a definição matemática do rendimento, ele aumenta à medida que Q_{cedido} diminui: a rejeição de calor pelo sistema deve ser minimizada para se alcançar maiores

rendimentos da máquina térmica. O caso ideal acontece quando o calor rejeitado é nulo, portanto, tem-se $\epsilon = 1$. Esta seria a máquina perfeita (ou a máquina dos sonhos) com eficiência de 100%. Desde as primeiras máquinas a vapor a tecnologia tem aperfeiçoado constantemente as novas gerações de máquinas térmicas. Entretanto, é impossível a construção de um aparato com rendimento de 100%. Isto é a essência da segunda lei da termodinâmica (enunciado de Kelvin-Planck):

“É impossível a construção de uma máquina térmica, operando em ciclos, converter totalmente o calor absorvido em trabalho”.

Se você se lembrar do início desta seção, poderia argumentar que no caso discutido, o sistema sob uma transformação isotérmica converteu integralmente o calor absorvido em trabalho realizado pelo pistão sobre o meio. Isto não contraria o enunciado de Kelvin-Planck? Definitivamente, não. Observe que no enunciado aparece a expressão operando em ciclos e isso faz toda a diferença. Na evolução a que nos referimos acima, acontece somente uma expansão e, portanto, não está caracterizado um ciclo. Para que o sistema retorne ao seu estado inicial é necessário que se realize trabalho sobre ele e certa quantidade de calor é rejeitada neste processo.

É importante reconhecer que a máquina térmica com 100% de eficiência obedeceria à primeira lei, mas é a segunda lei da termodinâmica que nega a possibilidade de sua existência. Ocasionalmente surge algum inventor que faz alarde de ter conseguido construir um moto perpétuo: se o aparato violar somente a segunda lei, ele é chamado de moto perpétuo de segunda espécie; se violar a primeira lei, ele é chamado de moto perpétuo de primeira espécie; se violar ambas as leis simultaneamente, ainda não se concebeu um nome apropriado. Em geral, essas pessoas não tiveram a oportunidade de adquirir conhecimento suficiente sobre termodinâmica. Vivessem em outra época, provavelmente estariam em busca da pedra filosofal.

Uma máquina térmica pode ser representada esquematicamente na forma mostrada na figura 4.8.

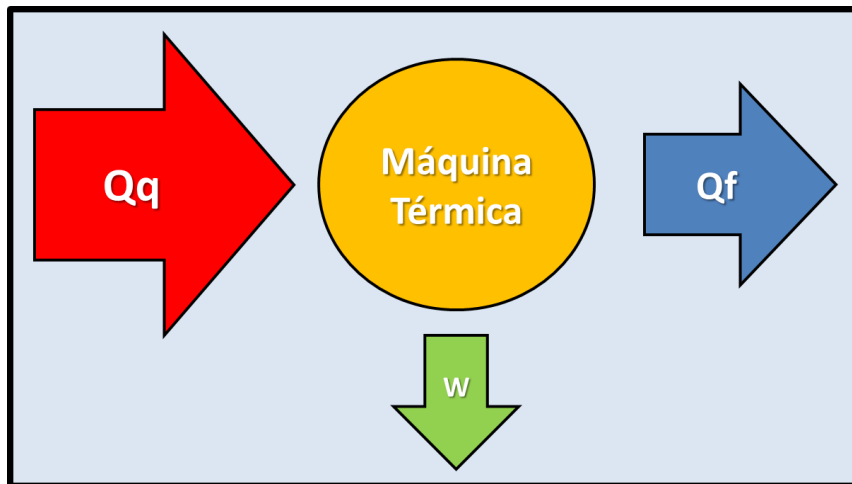


Figura 4.8 – Representação de uma máquina térmica.

Fonte: Próprio autor

A máquina absorve calor Q_{quente} de uma fonte quente que está à temperatura T_{quente} , realiza trabalho, e rejeita calor $|Q_{\text{frio}}|$ para um reservatório frio que está à temperatura T_{frio} .

4.5 Funcionamento dos motores ciclos Otto e Diesel.

4.5.1 Ciclo Otto 4 (quatro) tempos

Os motores à combustão interna quatro tempos de ciclo Otto usam como combustível o álcool, a gasolina ou o gás natural veicular o GNV. O sistema de ignição é por centelha dada através de uma vela de ignição (HEYWOOD, 1988).

Os quatro tempos são admissão, compressão, explosão e escape.

Na admissão a válvula de admissão é aberta permitindo assim a entrada de ar e combustível no cilindro do motor. Neste tempo o pistão ou êmbolo sai do ponto mais alto chamado ponto morto superior ou PMS e vai até o ponto mais baixo também chamado de ponto morto inferior PMI (Figura 4.9).

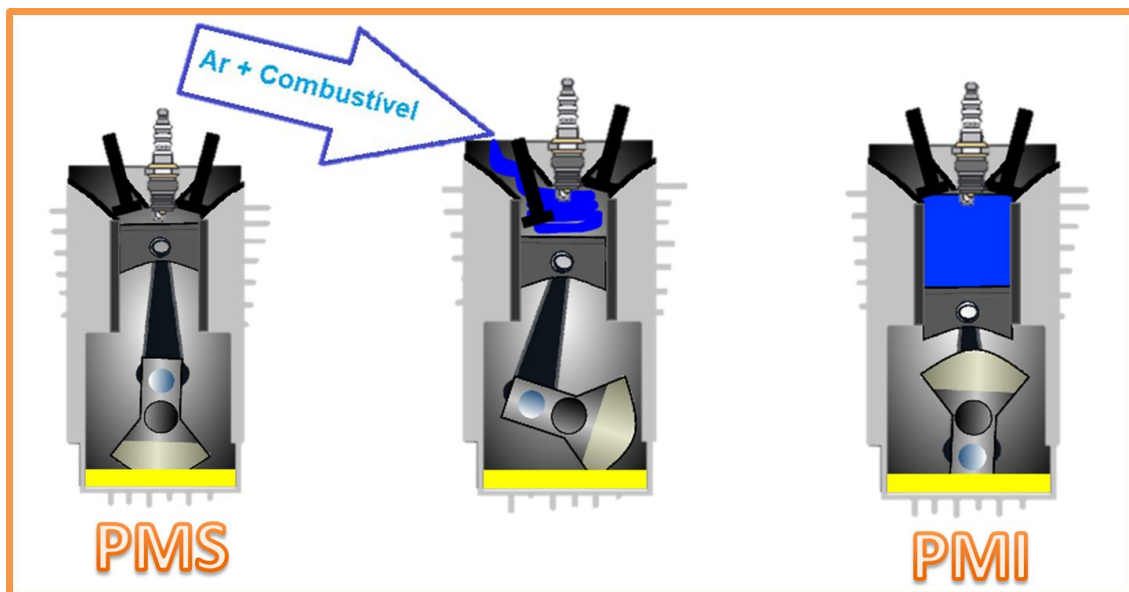


Figura 4.9 – Motor ciclo Otto – admissão.

Fonte: Próprio autor

Na compressão as válvulas permanecem fechadas e a mistura ar/combustível é comprimida pelo pistão que sai do PMI e vai até o PMS (Figura 4.10). Ao final da compressão pouco antes do pistão chegar ao PMS a vela de ignição libera uma centelha elétrica.

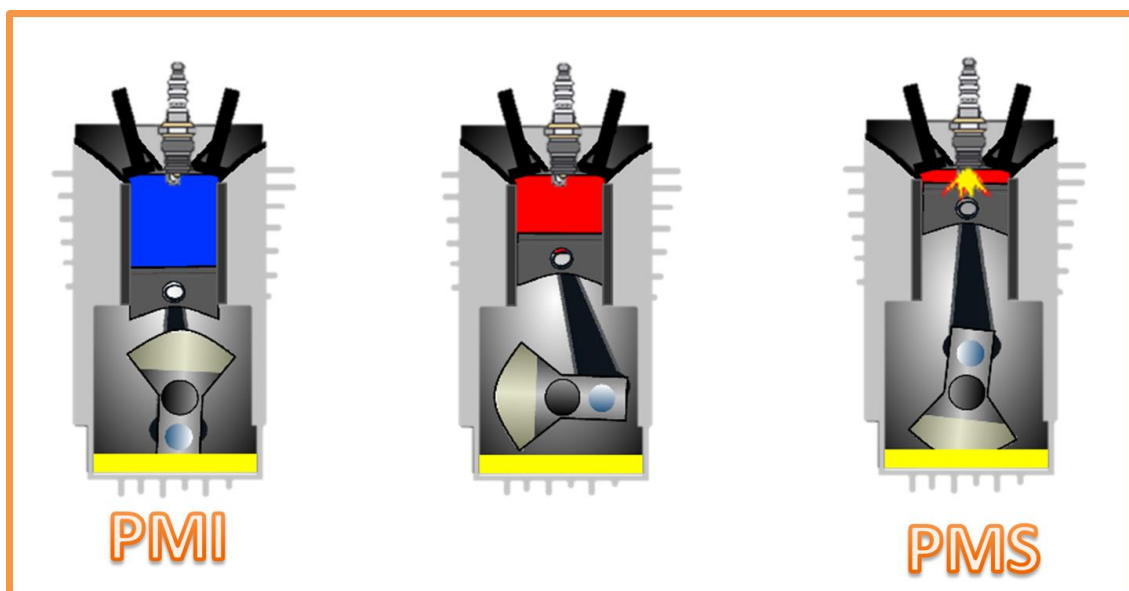


Figura 4.10 – Motor ciclo Otto – compressão.

Fonte: Próprio autor

Na explosão as válvulas ainda permanecem fechadas e a mistura ar/combustível entra em combustão fazendo com que através da expansão gasosa (onde o gás realiza trabalho) o pistão saia do PMS para o PMI (Figura 4.11).

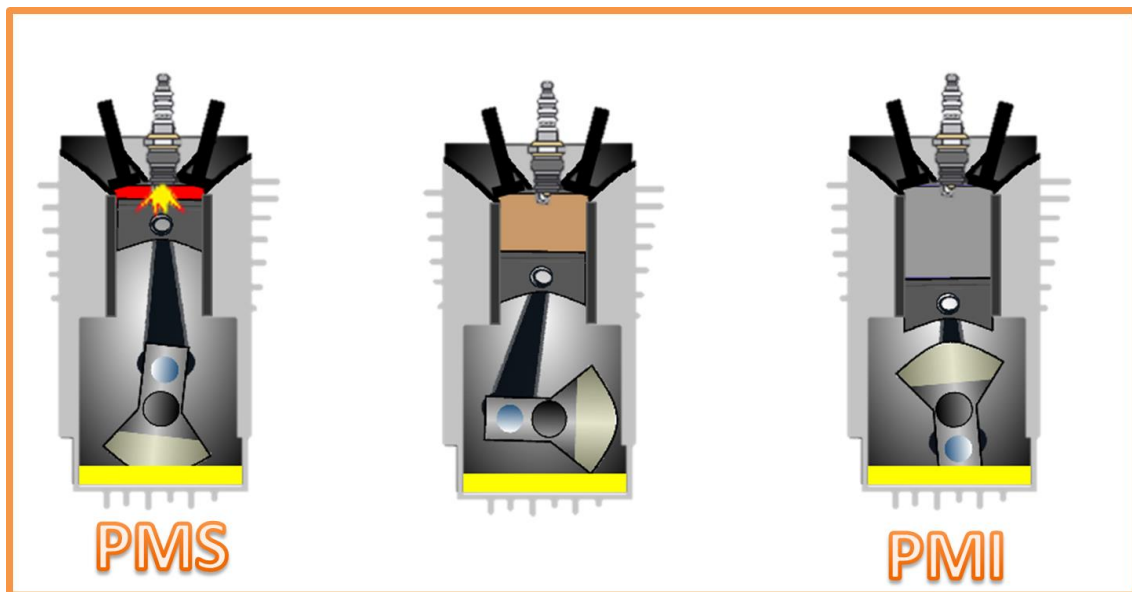


Figura 4.11 – Motor ciclo Otto – explosão.

Fonte: Próprio autor

No tempo de escape a válvula de escape se abre liberando passagem aos gases provenientes da queima para fora do cilindro onde o pistão sai do PMI para o PMS iniciando assim um novo ciclo (Figura 4.12).

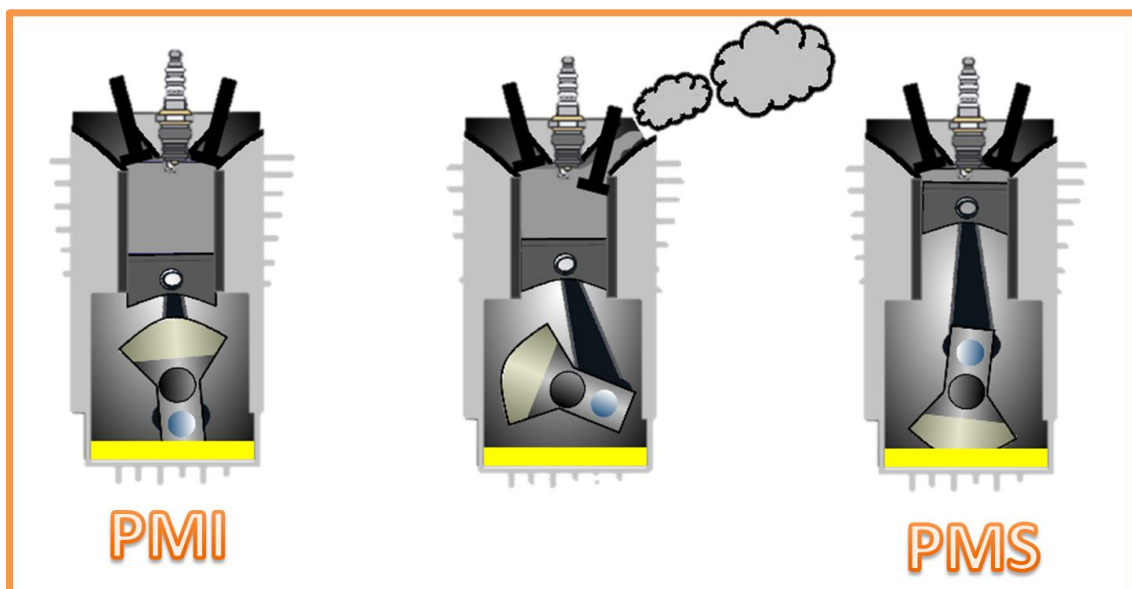


Figura 4.12 – Motor ciclo Otto – escape.

Fonte: Próprio autor

4.5.2 Ciclo Diesel 4 (quatro) tempos

Os motores do ciclo diesel utilizam o aumento da temperatura devido a compressão de uma massa de ar para dar início a reação de combustão, ou seja, a ignição é ocasionada por compressão. Após a compressão, o combustível é pulverizado na massa de ar quente admitida no início do ciclo ocorrendo assim a combustão. (HEYWOOD, 1988).

Assim como no ciclo Otto o ciclo Diesel possui os tempos de admissão, compressão, explosão e escape.

Na admissão a válvula de admissão é aberta permitindo assim a entrada de ar no cilindro do motor. Neste tempo o pistão ou êmbolo sai do ponto mais alto chamado ponto morto superior ou PMS e vai até o ponto mais baixo também chamado de ponto morto inferior PMI (Figura 4.13).

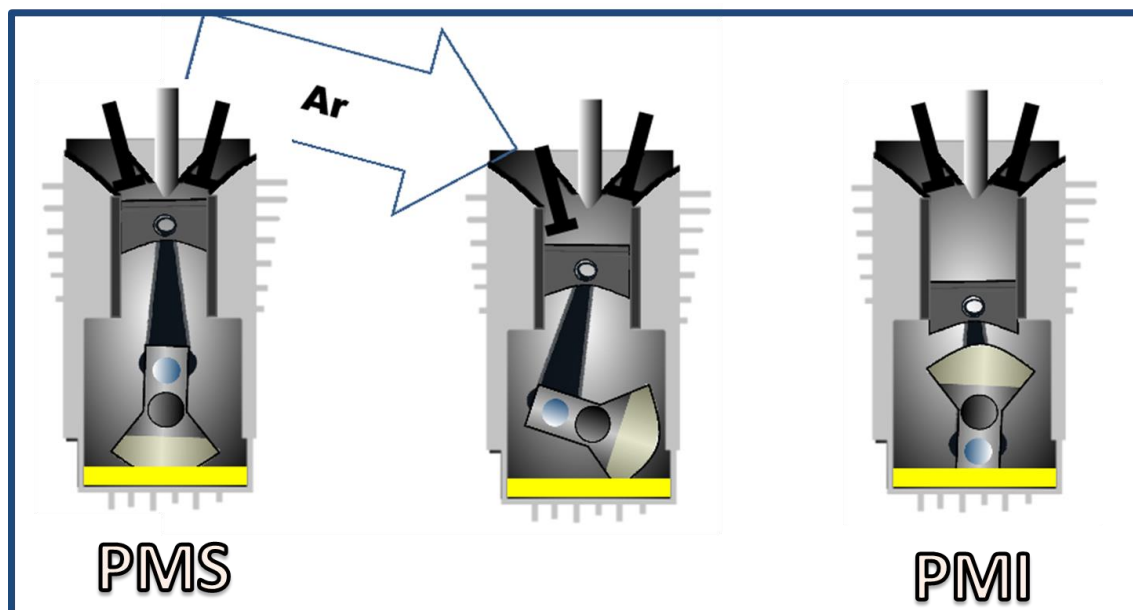


Figura 4.13 – Motor ciclo Diesel – admissão.

Fonte: Próprio autor

Na compressão as válvulas permanecem fechadas e o ar é comprimido pelo pistão que sai do PMI e vai até o PMS fazendo que a sua temperatura aumente (Figura

4.14). Ao final da compressão pouco antes do pistão chegar ao PMS o bico injetor pulveriza óleo Diesel pressurizado na cabeça do pistão, ocorrendo assim a combustão.

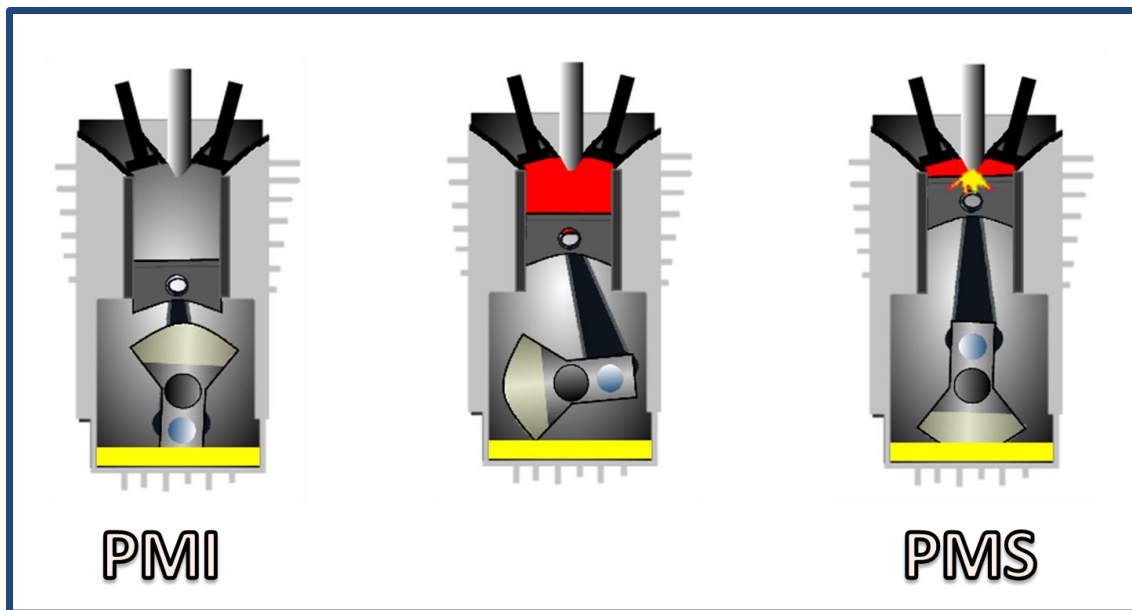


Figura 4.14 – Motor ciclo Diesel – compressão.

Fonte: Próprio autor

Na combustão as válvulas ainda permanecem fechadas e a mistura ar/combustível (ar/diesel) entra em combustão fazendo com que através da expansão gasosa (onde o gás realiza trabalho) o pistão saia do PMS para o PMI (Figura 4.15).

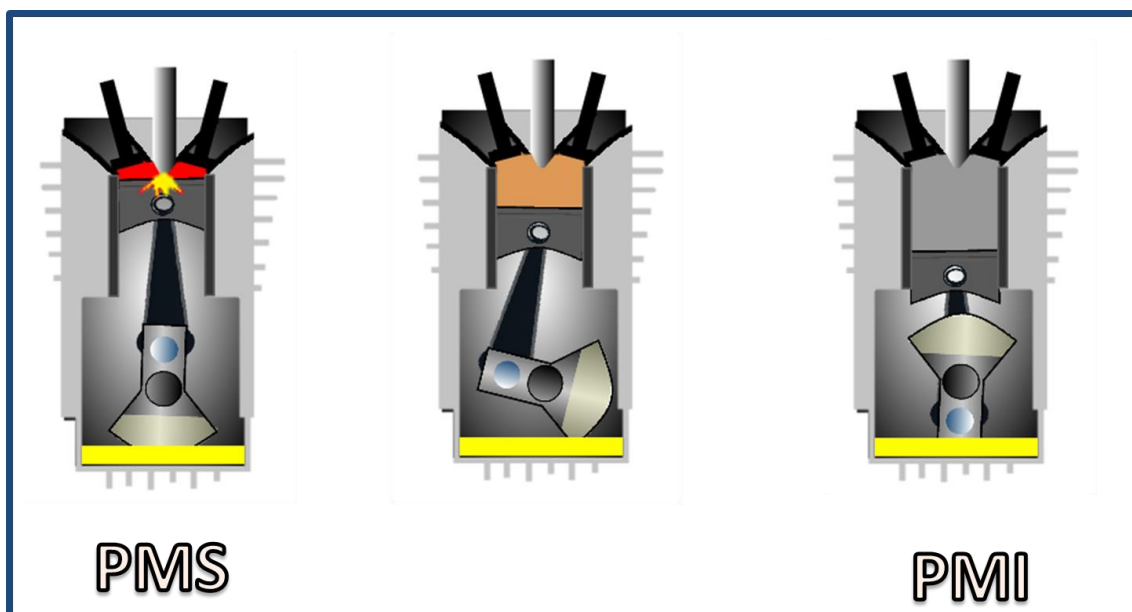


Figura 4.15 – Motor ciclo Diesel – combustão.

Fonte: Próprio autor

No tempo de escape a válvula de escape se abre liberando passagem aos gases provenientes da queima para fora do cilindro onde o pistão sai do PMI para o PMS iniciando assim um novo ciclo (Figura 4.16).

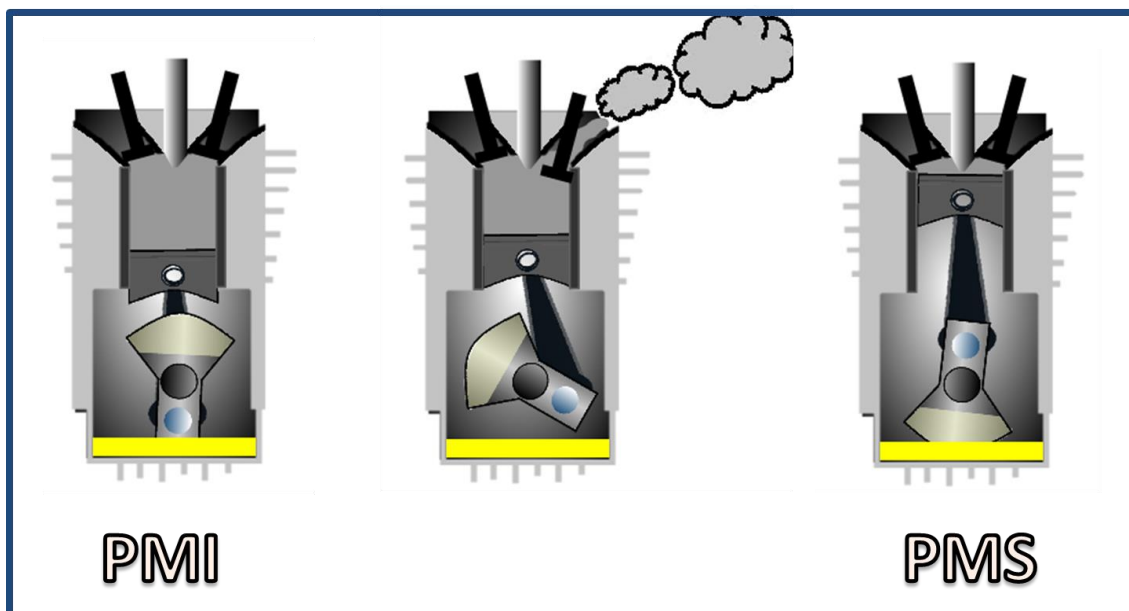


Figura 4.16 – Motor ciclo Diesel – escape

Fonte: Próprio autor

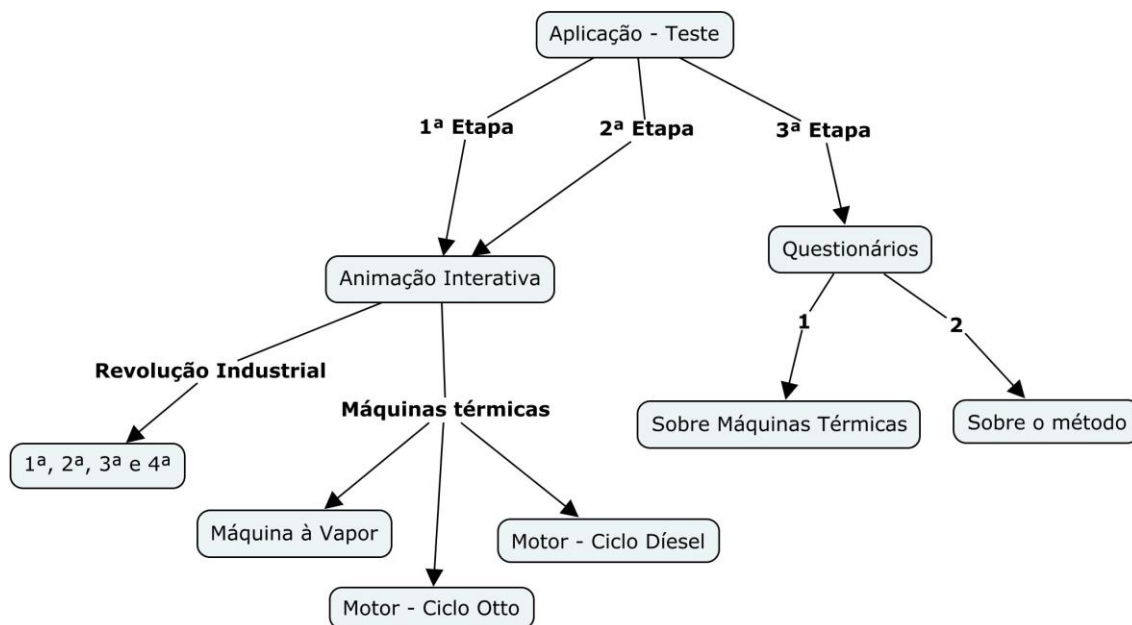
Capítulo 5

Metodologia

No início do trabalho, determinamos quais os objetivos a serem trabalhados e através de uma pesquisa bibliográfica (em artigos, livros, dissertações de mestrado e outros documentos) como poderíamos alcançar esses objetivos. A princípio iríamos trabalhar com animações já prontas, porém vimos a necessidade de produzir nossas próprias animações que suprisse nossas necessidades, então produzimos uma animação em formato de cartilha (no *Adobe cs6*) e nomeamos de “Tecnologias da Revolução Industrial: Máquinas Térmicas” (Figura 5.1). A cartilha é *off line*, ou seja, não há necessidade de conexão com a internet para utiliza-la. Para testar aplicamos o produto em uma escola particular e em uma escola pública na cidade de Marabá – Pa e percebeu-se algumas deficiências na execução, como a necessidade de controlar quadro a quadro a animação, tais deficiências foram corrigidas e a cartilha melhorada. Na aplicação também percebemos a necessidade de disponibilizar para o aluno um material para estudo, por este motivo, produzimos uma versão resumida da cartilha para *smartphone*. Houve também uma participação em um evento organizado pela faculdade de Física da Unifesspa, A “III Jornada de Experimentos de Física” (Anexo A). Neste evento foi exposta a cartilha eletrônica aos alunos e professores visitantes.

Por questão de organização dividimos a aplicação (nas escolas) em três etapas (Mapa conceitual 5.1). Nas duas primeiras utilizamos a animação computacional que chamamos de cartilha eletrônica⁵, nela o professor terá acesso a informações sobre o contexto histórico da época referente a criação e aperfeiçoamento das máquinas térmicas (1ª etapa), e a três animações sobre as máquinas a vapor e motores a combustão interna (2ª etapa). E na terceira etapa aplicamos os questionários.

⁵ Chamamos de cartilha eletrônica, pois ela contém informações sobre o contexto histórico das máquinas térmicas para auxiliar o professor usando dispositivos eletrônicos como computador, notebook, tablete e etc.



Mapa conceitual 5.1 – Etapas de aplicação.



Figura 5.1 – Animação – início

Fonte: Próprio autor

Primeira etapa: Na tela inicial (Figura 5.1) é possível que o professor digite seu nome e baixe uma versão para *smartphone* através de um *QR code*. Após isso ele poderá iniciar a aula pressionando o ícone “INICIAR”. Para começar o estudo histórico sobre a termodinâmica, da primeira até a quarta revolução industrial, pressiona-se o ícone “Revolução Industrial” do menu principal (Figura 5.2). Serão discutidos dentro do tema, tópicos básicos, como: as causas da revolução industrial, as

revoltas e um resumo de cada etapa das quatro revoluções. Inserir o nome do professor que estiver aplicando a animação em sala.



Figura 5.2 – Animação – Menu Principal.

Fonte: Próprio autor

Segunda etapa: No menu principal (Figura 5.2), dar-se-á um clique no botão “Máquinas térmicas”. Neste tópico estão presentes três animações. A primeira tela contém uma breve descrição histórica da Máquina à vapor, de como, quando e por quem foi criada e aperfeiçoada. Passando para tela seguinte, inicia-se a primeira animação, basta apenas clicar no botão “*play*” para iniciar, “*stop*” para parar e “*retornar*” para reiniciar a animação.

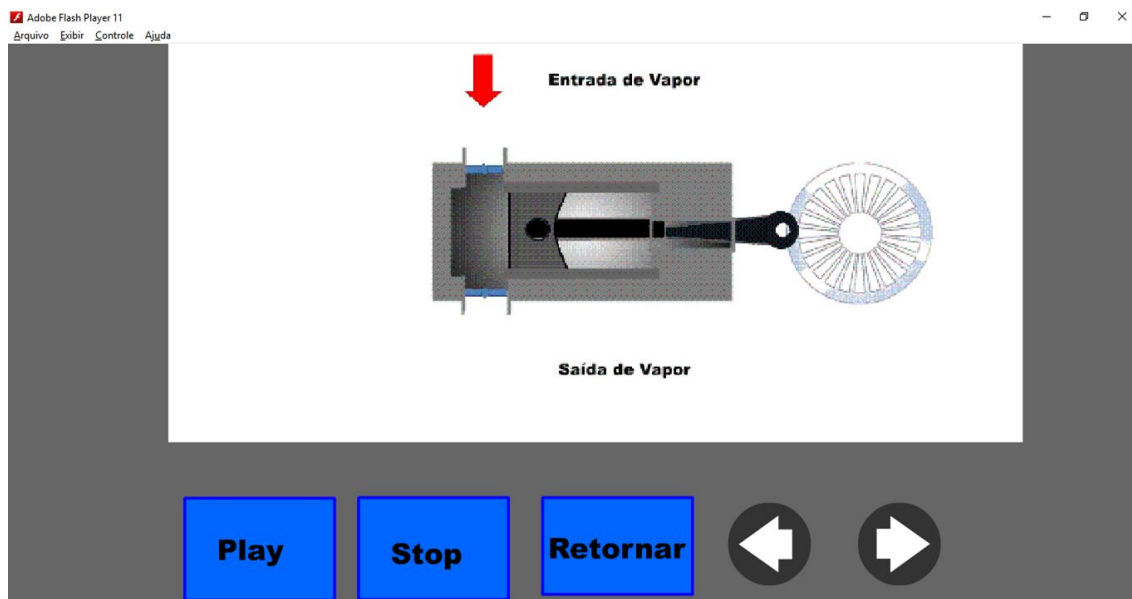


Figura 5.3 – Animação – Máquinas à vapor.

Fonte: Próprio autor

Na tela seguinte, apresentar-se-á os motores à combustão interna. O primeiro estudado será o de ciclo Otto (Figura 5.4). E novamente inicia-se com um breve apanhado histórico e em sequência a animação, que segue com o mesmo princípio de funcionamento da primeira. Se for o aluno a manipular a animação, peça para ele passar a seta do mouse em cima das peças do motor (se não faça você mesmo), assim ele verá os nomes de alguns componentes do motor que servirá para eles diferenciarem o funcionamento dos motores de ciclo Otto e Diesel.



Figura 5.4 – Animação – motor ciclo Otto

Fonte: Próprio autor

Na sequência, o motor de ciclo diesel (Figura 5.5), com alguns tópicos sobre o período e seu criador e na tela seguinte a animação do motor de ciclo diesel. No canto inferior direito encontramos o botão para retornar ao menu principal.

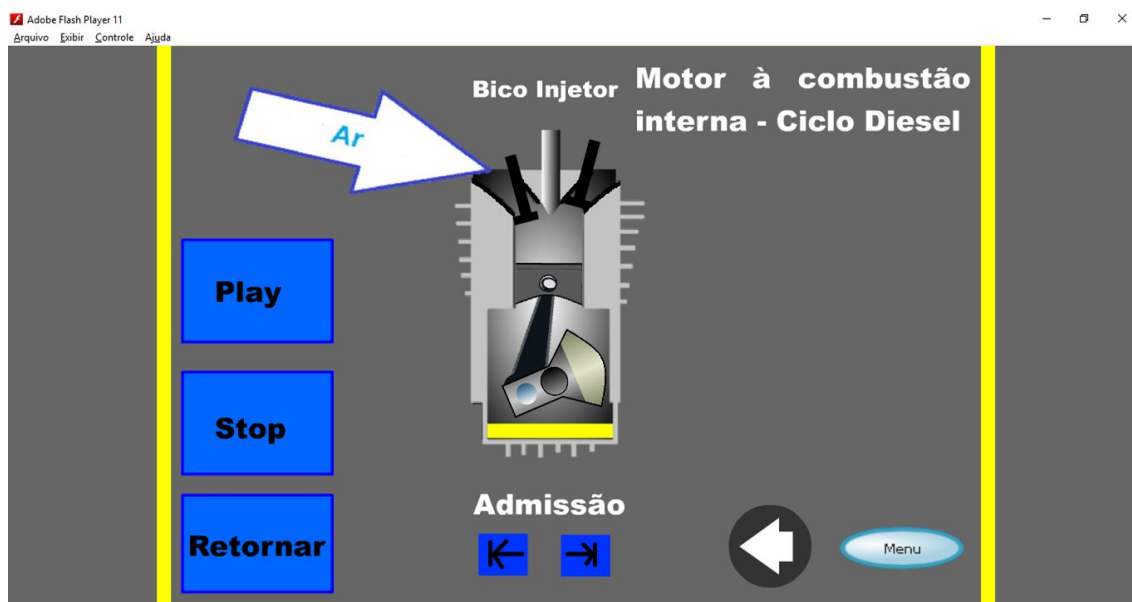


Figura 5.5 – Animação – motor ciclo Diesel.

Fonte: Próprio autor

A referida animação foi trabalhada de forma expositiva, e na execução da animação, os alunos identificarão as etapas de funcionamento do motor conforme já foi discutido em sala. Ainda nessa etapa os alunos conhecem alguns componentes internos do motor, componentes esses que estão presentes na própria animação.

Uma sugestão é que o professor leve algumas peças de um motor à combustão interna, como: válvulas, vela de ignição, êmbolo, cilindro, etc.

Terceira etapa: Nesta etapa o professor seguirá o seu planejamento dando continuação ao assunto (Termodinâmica). Ao final do conteúdo, será aplicado aos alunos dois questionários (Apêndices A e B) para a avaliação do método proposto.

Para ter acesso aos anexos basta clicar no botão “anexos” (Figura 5.6) no menu principal (Figura 5.2). Assim, abrirá uma tela com os anexos necessários para a aplicação desta sequência didática, como o Guia do professor e mais dois questionários (Questionários 1 e 2), todos em PDF.

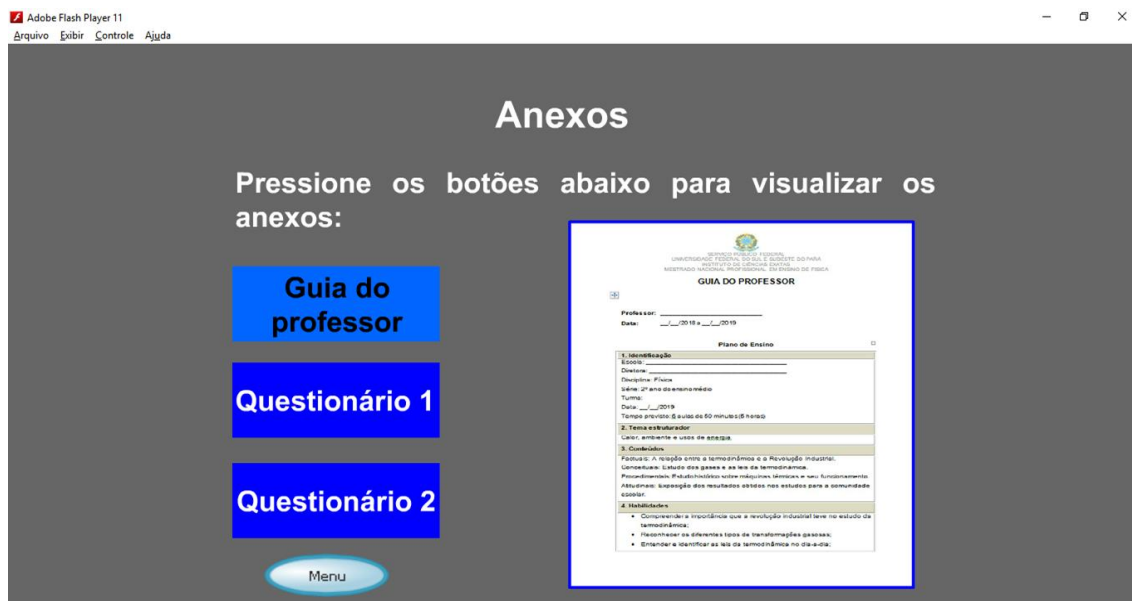


Figura 5.6 – Animação – Anexos.

Fonte: Próprio autor

Ainda nesta etapa o professor poderá fazer um acompanhamento do desenvolvimento dos alunos com o aplicativo para *smartphone* “Tecnologias da Rev. Industrial: Máquinas Térmicas”. Este aplicativo foi criado pelo autor através de uma plataforma de criação de aplicativos chamado Fábrica de Aplicativos⁶.

5.1 App: “Tecnologias da Revolução Industrial: Máquinas Térmicas”

O App “Tecnologias da Rev. Industrial: Máquinas Térmicas” (Figura 5.7) foi utilizado entre o período de aplicação da animação interativa (1ª e 2ª etapa) e o período de aplicação do questionário (3ª etapa), tendo visto que nesse período o professor da disciplina estará dando continuidade ao conteúdo e através do aplicativo poderemos monitorar se os alunos estão acessando e estudando o conteúdo.

⁶ Disponível em: <https://desk.fabricadeaplicativos.com.br/>

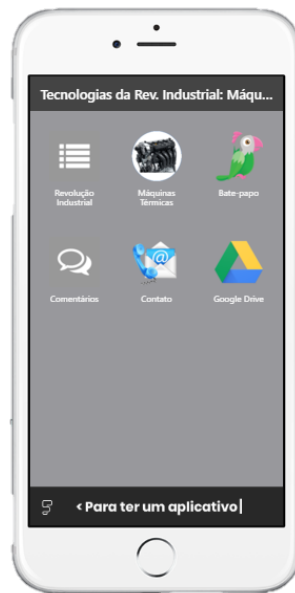


Figura 5.7 – Menu Principal – App: “Tecnologias da Rev. Industrial: Máquinas Térmicas”

Fonte: Próprio autor

De forma simplificada o aplicativo para *smartphone* é um resumo da animação interativa (Figura 5.8), porém com a possibilidade de comunicação com os alunos por meio de um chat.

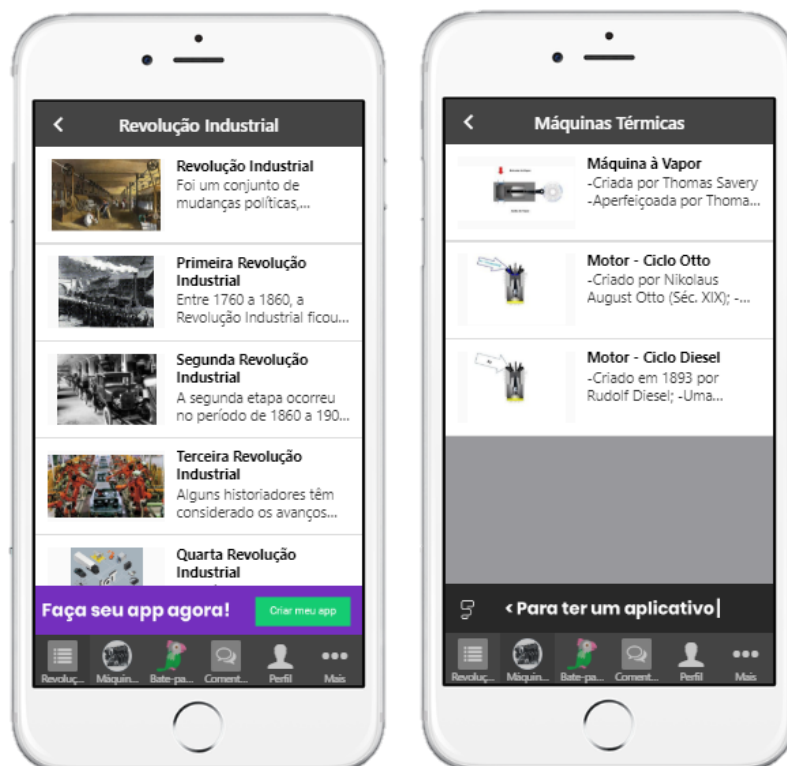


Figura 5.8 – Conteúdos do App.

Fonte: Próprio autor

No Link “Bate-papo” o aluno tem a possibilidade de tirar suas dúvidas a respeito do assunto, para isso, o professor agendará o dia e horário específico para o atendimento *online* (Figura 5.9). Porém, caso o aluno queira deixar a dúvida em horário não programado, ele deixar a mensagem no próprio Bate-papo que o professor receberá um aviso em sua caixa de e-mail e poderá responder assim que possível (Figura 5.10).

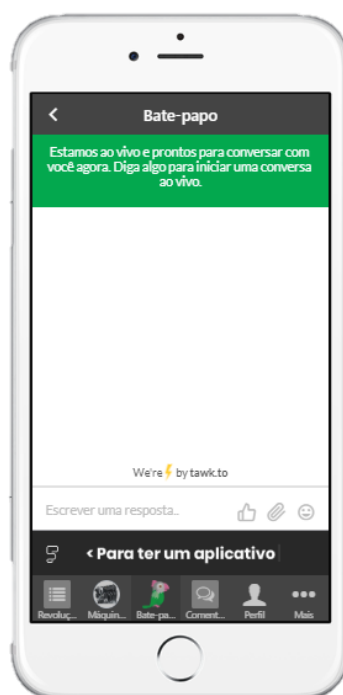


Figura 5.9 – Bate-papo *online*

Fonte: Próprio autor

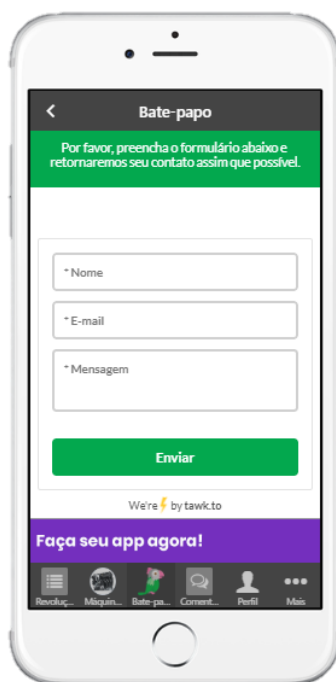


Figura 5.10 – Bate-papo *offline*

Fonte: Próprio autor

Capítulo 6

RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Aplicação Escola Particular

Para avaliação foi aplicado dois questionários para um total de 32 alunos do segundo ano do ensino médio da escola Centro Educacional Disneylândia. O primeiro refere-se ao tema Máquinas Térmicas (conteúdo de termodinâmica). O segundo questiona os alunos sobre o método de ensino baseado no estudo histórico, este questionário foi qualitativo, com perguntas breves baseadas no contexto histórico ministrado em sala.



Figura 6.1 – Aula de aplicação.

Fonte: Próprio autor



Figura 6.2 – Aula de aplicação.

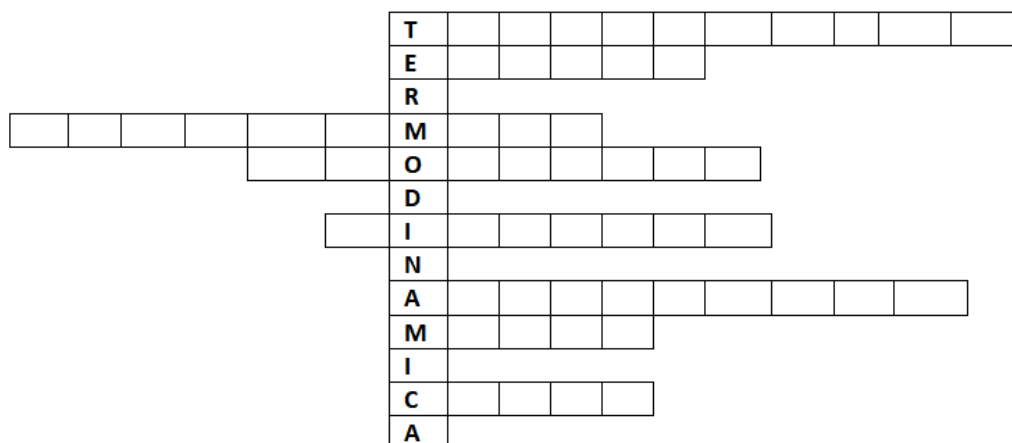
Fonte: Próprio autor

6.1.1 Questionário 1:

Primeira questão:

Preencha a cruzadinha com o que se pede:

- 1- Grandeza que mede o grau de agitação das moléculas.
- 2- Peça móvel que se encaixa no cilindro de um motor à combustão interna e realiza o movimento de vai-e-vem.
- 3- Transformação gasosa em que a temperatura permanece constante.
- 4- Transformação gasosa em que a pressão permanece constante.
- 5- Peça com base circular em que o gás fica confinado.
- 6- Transformação gasosa em que o gás não troca calor com o meio externo.
- 7- Máquina térmica que transforma calor em trabalho.
- 8- Energia térmica em trânsito.



Para facilitar a coleta de dados neste item, separamos em três classes de alunos, os que acertaram de 6 a 8 linhas, 3 a 5 linhas e 0 a 2 linhas. Os resultados na tabela 1:

ACERTOS	TOTAL EM N°	TOTAL EM %
6 a 8	28	87,5%
3 a 5	4	12,5%
0 a 2	0	0%
TOTAL GERAL	32	100%

Tabela 1- 1ª questão.

Fonte: Próprio autor

Segunda questão:

*Uma certa quantidade de gás sofre um transformação isotérmica. É levado do estado A com pressão de 6 atm e volume de 3 litros para o estado B com pressão **P** e volume de 10 litros. Determine a pressão **P** do gás no estado B.*

Dados: $P_A \cdot V_A = P_B \cdot V_B$

a) 1 atm

b) 1,6 atm

c) 1,8 atm

d) 2 atm

e) 10 atm

Os resultados na tabela 2:

ALTERNATIVAS	TOTAL EM N°	TOTAL EM %
A	2	6,25%
B	2	6,25%
C	28	87,5%
D	0	0%
E	0	0%
TOTAL GERAL	32	100%

Tabela 2- 2ª questão. A alternativa correta é a letra C.

Fonte: Próprio autor

Terceira questão:

Ainda sobre a questão anterior. Percebe-se que a temperatura do gás não muda, ou seja, é constante. Logo, o que acontece com a energia interna do gás?

a) *Aumenta*

b) *Diminui*

c) *Permanece constante com variação diferente de zero*

d) *Permanece constante com variação igual à zero*

e) *Não tem como determinar por falta de valores.*

Os resultados na tabela 3:

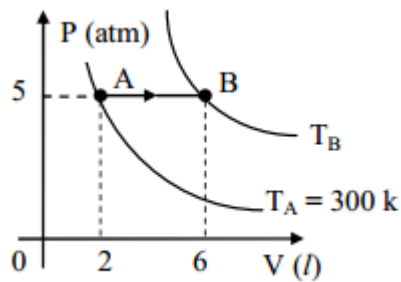
ALTERNATIVAS	TOTAL EM N°	TOTAL EM %
A	0	0%
B	4	12,5%
C	4	12,5%
D	24	75%
E	0	0%
TOTAL GERAL	32	100%

Tabela 3- 3ª questão. A alternativa correta é a letra D.

Fonte: Próprio autor

Quarta questão:

Observe o gráfico abaixo e determine qual a transformação gasosa de **A** para **B**.



- a) Expansão adiabática
- b) Compressão adiabática
- c) Isotérmica
- d) Isovolumétrica
- e) Isobárica

Os resultados na tabela 4:

ALTERNATIVAS	TOTAL EM N°	TOTAL EM %
A	2	6,25%
B	0	0%
C	10	31,25%
D	0	0%
E	20	62,5%
TOTAL GERAL	32	100%

Tabela 4- 4ª questão. A alternativa correta é a letra E.

Fonte: Próprio autor

Quinta questão:

Uma panela de pressão recebe 10 000 Joules de calor. Sabendo que o vapor de água que saiu pela válvula realizou 2000 Joules de trabalho, Determine qual foi a variação da energia interna do vapor contido na panela em joules:

Dados: $Q = \Delta U + w$

- a) 10 000
- b) 5000
- c) – 8000
- d) 800
- e) 8000

Os resultados na tabela 5:

ALTERNATIVAS	TOTAL EM N°	TOTAL EM %
A	0	0%

B	0	0%
C	6	18,75%
D	0	0%
E	26	81,25%
TOTAL GERAL	32	100%

Tabela 5- 5ª questão. A alternativa correta é a letra E.

Fonte: Próprio autor

6.1.2 Questionário 2:

Primeira questão:

Em que aspectos a revolução industrial influenciou no estudo da termodinâmica?

De forma geral todos os alunos responderam algo similar, citando frases como: "... criação e aperfeiçoamento das máquinas térmicas ...". Ou algo mais completo como foi o caso do(a) aluno(a) H.A⁷ que respondeu:

"A revolução foi um grande marco para muitos aspectos, assim como para o estudo da termodinâmica, onde a necessidade de avanços no setor industrial levou à criação de máquinas da termodinâmica e ao estudo aprofundado da mesma."

3º. Em que aspectos a revolução industrial influenciou no estudo da termodinâmica?
A revolução foi um grande marco para muitos aspectos, assim como para o estudo da termodinâmica, onde a necessidade de avanço no setor industrial levou à criação de máquinas da termodinâmica e ao estudo aprofundado da mesma.

Segunda questão:

⁷ Aluno(a) do segundo ano do ensino médio; H.A refere-se às iniciais da aluna em questão.

Na sua opinião, é possível realizar o estudo histórico em assuntos da Física, além d termodinâmica? Se sim, quais?

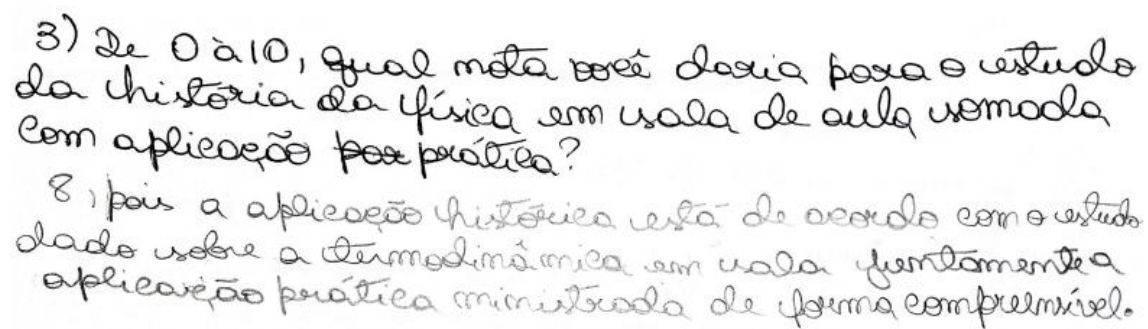
Todos os alunos responderam que sim, demonstrando grande interesse por conhecer mais da história que está por trás dos assuntos estudados em sala. Um ponto importante foi que 100% (cem por cento) dos entrevistados citaram como exemplo, assuntos como eletricidade e/ou mecânica.

Terceira questão:

De 0 a 10, qual nota você daria para o estudo da História da Física em sala de aula, somada com aplicação prática?

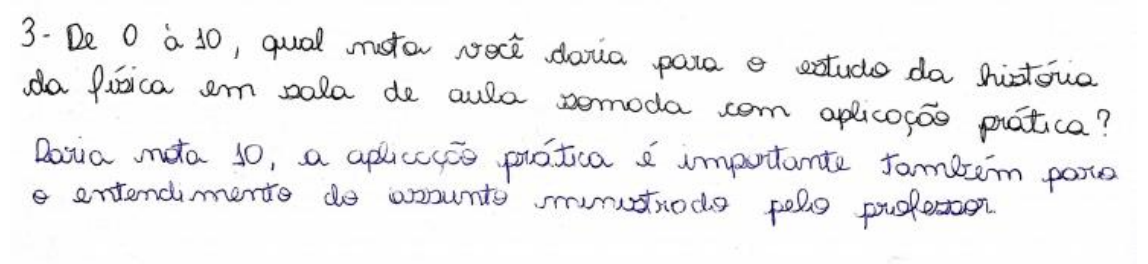
A média dessas notas, ou seja, a soma de todas elas dividido pelo número de alunos, foi de exatamente 9,5. Porém, apesar de não ter perguntado o motivo da nota, vários alunos (quase todos) justificaram, como L.M. que disse:

“8, pois a aplicação histórica está de acordo com o estudo dado sobre a termodinâmica em sala juntamente com a aplicação prática ministrada de forma compreensível.”



3) De 0 à 10, qual nota você daria para o estudo da história da física em sala de aula somada com aplicação prática?
8, pois a aplicação histórica está de acordo com o estudo dado sobre a termodinâmica em sala juntamente a aplicação prática ministrada de forma compreensível.

Houve também muita ênfase na questão prática, como disse E.C.A.R:
“Daria nota 10, a aplicação prática é importante também para o entendimento do assunto ministrado pelo professor”.



3- De 0 à 10, qual nota você daria para o estudo da história da física em sala de aula somada com aplicação prática?
Daria nota 10, a aplicação prática é importante também para o entendimento do assunto ministrado pelo professor.

6.2 Aplicação Escola Pública

Para avaliação foi aplicado dois questionários para um total de 22 alunos do segundo ano do ensino médio da escola Dr. Gabriel Sales Pimenta. O primeiro refere-se ao tema Máquinas Térmicas (conteúdo de termodinâmica). O segundo questiona os alunos sobre o método de ensino baseado no estudo histórico, este questionário foi qualitativo, com perguntas breves baseadas no contexto histórico ministrado em sala.



Figura 6.3 – Aula de aplicação.

Fonte: Próprio autor



Figura 6.4 – Aula de aplicação.

Fonte: Próprio autor

6.2.1 Questionário 1:

Primeira questão:

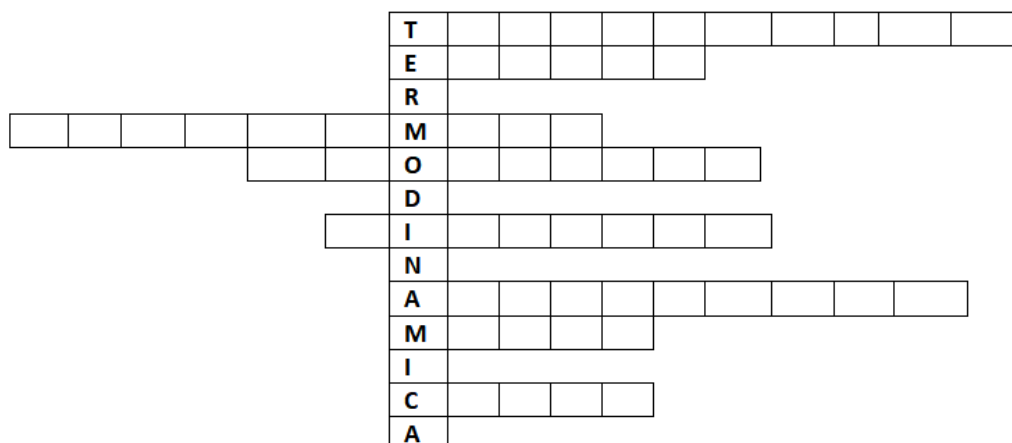
Preencha a cruzadinha com o que se pede:

- 1- Grandeza que mede o grau de agitação das moléculas.*
- 2- Peça móvel que se encaixa no cilindro de um motor à combustão interna e realiza o movimento de vai-e-vem.*
- 3- Transformação gasosa em que a temperatura permanece constante.*
- 4- Transformação gasosa em que a pressão permanece constante.*
- 5- Peça com base circular em que o gás fica confinado.*

6- Transformação gasosa em que o gás não troca calor com o meio externo.

7- Máquina térmica que transforma calor em trabalho.

8- Energia térmica em trânsito.



Para facilitar a coleta de dados neste item, separamos em três classes de alunos, os que acertaram de 6 a 8 linhas, 3 a 5 linhas e 0 a 2 linhas. Os resultados na tabela 1:

ACERTOS	TOTAL EM N°	TOTAL EM %
6 a 8	11	50%
3 a 5	9	40,9%
0 a 2	2	9,1%
TOTAL GERAL	22	100%

Tabela 6- 1ª questão.

Fonte: Próprio autor

Segunda questão:

Uma certa quantidade de gás sofre um transformação isotérmica. É levado do estado A com pressão de 6 atm e volume de 3 litros para o estado B com pressão P e volume de 10 litros. Determine a pressão P do gás no estado B.

Dados: $P_A \cdot V_A = P_B \cdot V_B$

f) 1 atm

g) 1,6 atm

h) 1,8 atm

i) 2 atm

j) 10 atm

Os resultados na tabela 2:

ALTERNATIVAS	TOTAL EM N°	TOTAL EM %
A	3	13,63%
B	4	18,18%
C	15	68,18%
D	0	0%
E	0	0%
TOTAL GERAL	22	100%

Tabela 7- 2ª questão. A alternativa correta é a letra C.

Fonte: Próprio autor

Terceira questão:

Ainda sobre a questão anterior. Percebe-se que a temperatura do gás não muda, ou seja, é constante. Logo, o que acontece com a energia interna do gás?

f) Aumenta

g) Diminui

- h) Permanece constante com variação diferente de zero
- i) Permanece constante com variação igual à zero
- j) Não tem como determinar por falta de valores.

Os resultados na tabela 3:

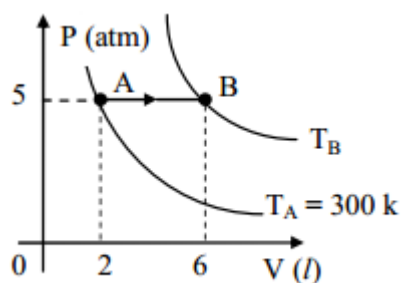
ALTERNATIVAS	TOTAL EM N°	TOTAL EM %
A	1	4,55%
B	0	0%
C	4	18,18%
D	16	72,72%
E	1	4,55%
TOTAL GERAL	22	100%

Tabela 8- 3ª questão. A alternativa correta é a letra D.

Fonte: Próprio autor

Quarta questão:

Observe o gráfico abaixo e determine qual a transformação gasosa de **A** para **B**.



- f) Expansão adiabática
- g) Compressão adiabática

- h) *Isotérmica*
- i) *Isovolumétrica*
- j) *Isobárica*

Os resultados na tabela 4:

ALTERNATIVAS	TOTAL EM N°	TOTAL EM %
A	4	18,18%
B	1	4,55%
C	5	22,72%
D	1	4,55%
E	11	50%
TOTAL GERAL	22	100%

Tabela 9- 4ª questão. A alternativa correta é a letra E.

Fonte: Próprio autor

Quinta questão:

Uma panela de pressão recebe 10 000 Joules de calor. Sabendo que o vapor de água que saiu pela válvula realizou 2000 Joules de trabalho, Determine qual foi a variação da energia interna do vapor contido na panela em joules:

Dados: $Q = \Delta U + w$

- f) 10 000
- g) 5000
- h) - 8000
- i) 800
- j) 8000

Os resultados na tabela 6:

ALTERNATIVAS	TOTAL EM N°	TOTAL EM %
A	0	0%
B	0	0%
C	2	9,1%
D	0	0%
E	20	90,9%
TOTAL GERAL	22	

Tabela 10- 6ª questão. A alternativa correta é a letra E.

Fonte: Próprio autor

6.2.1 Questionário 2:

Primeira questão:

Em que aspectos a revolução industrial influenciou no estudo da termodinâmica?

Alguns alunos tiveram dificuldades de interpretação desta questão e não demonstraram interesse em responder o questionário qualitativo. Porém, após instruções, obtivemos respostas como o(a) aluno(a) M.E.B, que disse:

“A Revolução Industrial influenciou no estudo da Termodinâmica, devido o aparecimento de novas máquinas, como a máquina à vapor, com isso, ‘pode’ estudar ‘aprofundamente’ esse tema e os avanços tecnológicos que ele trouxe”.

A Revolução Industrial influenciou no estudo da Termodinâmica, devido o aparecimento de novas máquinas, como a máquina a vapor, com isso, pode estudar profundamente esse tema e os avanços tecnológicos que ele trouxe.

E também I.M:

“A Revolução industrial foi um ponto importante para a Termodinâmica. Durante esse período há a criação das primeiras máquinas e suas tecnologias. Contudo, se tem a criação de máquinas a vapor.”

A Revolução industrial foi um ponto importante para a termodinâmica. Durante esse período há a criação das primeiras máquinas e suas tecnologias. Contudo, se tem a criação de máquinas a vapor.

Os demais alunos responderam algo similar.

Segunda questão:

Na sua opinião, é possível realizar o estudo histórico em assuntos da Física, além d termodinâmica? Se sim, quais?

Todos os alunos responderam que sim, como o(a) aluno(a) F.A, que segundo ele, em todos os assuntos da física o professor deveria realizar o estudo histórico.

Sim; Todos os assuntos, pois é importante realizar o estudo da história no início de cada assunto.

Terceira questão:

De 0 a 10, qual nota você daria para o estudo da História da Física em sala de aula, somada com aplicação prática?

A média das notas que foi dada pelos alunos foi 9,0. Logo, percebe-se que o método proposto foi do agrado dos alunos. Como pode-se perceber nas respostas desses(as) dois(as) alunos(as) que não se identificaram:

“10, pois tem uma contribuição relevante para os alunos, tanto por conhecimento quanto pela experiência”

10, pois tem uma contribuição relevante para os alunos, tanto por conhecimento quanto pela experiência.

“Daria 9,5. É muito importante o contexto histórico da física na aula, pois o aluno conseguiria entender melhor o assunto explicado, obtendo assim mais referências e experiências”.

Daria 9,5. É muito importante o contexto histórico da física na aula, pois o aluno conseguiria entender melhor o assunto explicado, obtendo assim mais referências e experiências.

Capítulo 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi auxiliar os alunos do segundo ano do ensino médio a compreender e correlacionar os fenômenos termodinâmicos com a prática, além de analisar uma metodologia pedagógica que reúna requisitos prévios, para o melhor entendimento de tais conceitos físicos. Focando as atenções sobre análise do questionário investigativo sobre o que os alunos vivenciam ao longo do ano letivo e como o ensino de física no intuito de sugerir uma nova perspectiva de aprendizagem, que seja mais próxima do real, que tenha mais sentido e una os modelos e descrições no estudo de termodinâmica e sua importância no cotidiano escolar.

O primeiro passo do trabalho foi a aplicação do estudo histórico como organizador prévio usando a animação interativa “Tecnologias da Revolução Industrial: Máquinas Térmicas”. Para que o método seja testado aplicamos em uma turma de segundo ano que ainda não tenha estudado termodinâmica. Assim, foi feita uma análise exploratória do conhecimento prévio do aluno referente aos períodos estudados em “Revolução industrial” na disciplina de História no ensino médio. Nesta etapa os alunos com afinidades em Ciências Humanas se destacaram nos comentários, citando períodos e características de cada etapa da Revolução industrial.

O passo seguinte, ainda utilizando a animação, fizemos o estudo das máquinas térmicas que foram três, máquina à vapor, motor à combustão ciclo Otto e motor à combustão ciclo Diesel. A cada máquina estudada foi feito um estudo correlacionando o período em que foi criada e por quem foi criada.

O terceiro passo foi a aplicação dos questionários que foram dois. Porém, antes da aplicação é importante ressaltar que como o presente trabalho visa explorar o conhecimento prévio do aluno, para obter resultados mais concretos, optamos por aplica-los ao final do assunto ministrado pelo professor da turma. Ainda nesta etapa o professor pôde usar um aplicativo para *smartphone* que permite fornecer um conteúdo resumido da animação computacional e através de um chat, tirar possíveis dúvidas dos alunos em horário apropriado.

Os resultados dos questionários foram muito satisfatórios, tanto na escola particular quanto na pública, visto que no questionário 1 (um) houve uma grande quantidade de acertos, mostrando que os alunos compreenderam os conteúdos relacionados à termodinâmica, mais especificamente as máquinas térmicas. No questionário 2 (dois) percebe-se a aceitação dos alunos ao método proposto e a melhor compreensão da importância do estudo da revolução industrial. Fica claro então que a análise histórica da Física como organizador prévio juntamente com um tema a ser estudado é um método eficaz para o ensino da física no ensino médio, pois assim, cria-se subsunções necessários para a aprendizagem significativa.

Referências Bibliográficas

AUSUBEL, David P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. 1ª ed. Editora: Plátano Edições Técnicas. Lisboa, 2003.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC): Ensino Médio**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio**. Ministério da educação, 2000.

COSTA, José J. S.; SILVA, Leonardo M.; OLIVEIRA, Rômulo F. **Organizadores prévios com uma estratégia no ensino de cinemática**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em licenciatura em Ciências Naturais - Física) – Centro de Ciências Sociais e Educação, Universidade do Estado do Pará, Campus XX; 58 p.; Castanhal, 2013.

COSTA, V. L. Pereira. **Função social da escola** (2000). Disponível em http://www.drearaguaina.com.br/projetos/funcao_social_escola.pdf. Acessado em 24 de Julho de 2017.

CARVALHO, A. M. P. de; SASSERON, L. H. . **Abordagens histórico-filosóficas em sala de aula: questões e propostas**. In: Anna Maria Pessoa de Carvalho. (Org.). Ensino de Física. 1ed.São Paulo: Cengage Learning, 2010, v. único, p. 107-140.

FORÇA, A.C.;LABURÚ C. E.; da SILVA, O. H. M. **Atividades experimentais no ensino de física: teoria e práticas**. VIII Enpec – UEL – 2011.

FRANÇA-FILHO, L. R.; ASSIS-JÚNIOR, P. C.; OLIVEIRA-JÚNIOR, F. M.; ROCHA, S. G.; SILVA, C. V. **A história da física no contexto escolar do ensino médio no município de desterro – Pb**. Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia/UEPB, 2012.

GATTI, S. R. T.; NARDI, R.; SILVA, D. **História da ciência no ensino de física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores**. Investigações em Ensino de Ciências – V15(1), pp. 7-59, 2010.

HEYWOOD, John B, “**Fundamentals of Internal Combustion Engine**”, Mcraw- Hill, 1988, New York.

HALLIDAY, R.; RESNICK, R.; WALKER, J.. **Fundamentos de Física**, Volume 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MOZENA, E. R., OSTERMANN, F. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 327-332, ago. 2016.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?**. Currículum, La Laguna, Espanha, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acesso: abril de 2019.

MELO, Maurício A. C; MURA, J.; COLUCCI, Cesar C. **Física geral II** (Formação de professores em Física – EAD); v. 5; Maringá: Eduem, 2009, 113-150.

MATTHEWS, M. R., **Science Teaching: The role of History and Philosophy of Science**. New York: Routledge, 1994.

MOREIRA, Marcos Antonio. **Aprendizagem Significativa Crítica**. *III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa*, Lisboa (Peniche), 11 a 15 de setembro de 2000.

SILVA, Boniek V. C. **História e filosofia da ciência como subsídio para elaborar estratégias didáticas em sala de aula: um relato de experiência em sala de aula**. Revista Ciência & Ideias. v. 3. n. 2. 2012.

TAVARES, R. **Animações interativas e mapas conceituais**. Departamento de Física UFPB e Programa de Pós-Graduação em Educação – UFPB - 2005

TENFEN, D. N. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 1-2, abr. 2016.

Apêndice A

Questionário 1

Professor: _____

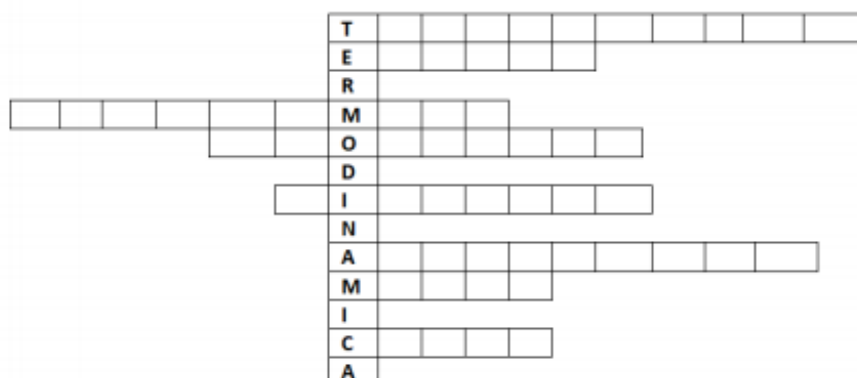
Aluno(a): _____

Turma: _____

Questionário 1

1ª) Preencha a cruzadinha com o que se pede:

- 1- Grandeza que mede o grau de agitação das moléculas.
- 2- Peça móvel que se encaixa no cilindro de um motor à combustão interna e realiza o movimento de vai-e-vem.
- 3- Transformação gasosa em que a temperatura permanece constante.
- 4- Transformação gasosa em que a pressão permanece constante.
- 5- Peça com base circular em que o gás fica confinado.
- 6- Transformação gasosa em que o gás não troca calor com o meio externo.
- 7- Máquina térmica que transforma calor em trabalho.
- 8- Energia térmica em trânsito.



2ª) Uma certa quantidade de gás sofre um transformação isotérmica. É levado do estado A com pressão de 6 atm e volume de 3 litros para o estado B com pressão **P** e volume de 10 litros. Determine a pressão **P** do gás no estado B.

Dados: $P_A \cdot V_A = P_B \cdot V_B$

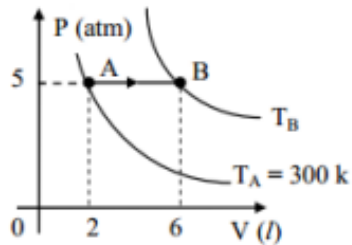
- a) 1 atm
- b) 1,6 atm
- c) 1,8 atm
- d) 2 atm
- e) 10 atm

3ª) Ainda sobre a questão anterior. Percebe-se que a temperatura do gás não muda, ou seja, é constante. Logo, o que acontece com a energia interna do gás?

- a) Aumenta
- b) Diminui
- c) Permanece constante com variação diferente de zero

- d) Permanece constante com variação igual à zero
- e) Não tem como determinar por falta de valores.

4ª) Observe o gráfico abaixo e determine qual a transformação gasosa de **A** para **B**.



- a) Expansão adiabática
- b) Compressão adiabática
- c) Isotérmica
- d) Isovolumétrica
- e) Isobárica

5ª) Uma panela de pressão recebe 10 000 Joules de calor. Sabendo que o vapor de água que saiu pela válvula realizou 2000 Joules de trabalho, Determine qual foi a variação da energia interna do vapor contido na panela em joules:

Dados: $Q = \Delta U + w$

- a) 10 000
- b) 5000
- c) - 8000
- d) 800
- e) 8000

Apêndice B

Questionário 2

Professor: _____

Aluno(a): _____

Turma: _____

Questionário 2

- 1- Em que aspectos a Revolução Industrial influenciou no estudo da Termodinâmica?

- 2- Na sua opinião, você acha interessante realizar o estudo histórico em assuntos da física além da termodinâmica? Se sim, quais?

- 3- De 0 à 10, qual nota você daria para o estudo da história da física em sala de aula somada com aplicação prática? Dê a sua opinião.

Apêndice C

Sequência Didática



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Professor: _____

Data: ____/____/2019 a ____/____/2019

Sequência Didática

1. Identificação

Escola: _____

Diretora: _____

Disciplina: Física

Série: 2º ano do ensino médio

Turma:

Data: ____/____/2019

Tempo previsto: 2 aulas de 50 minutos

2. Tema estruturador

Calor, ambiente e usos de energia

3. Conteúdos

Factuais: A relação entre a termodinâmica e a Revolução Industrial.

Conceituais: Estudo dos gases e as leis da termodinâmica.

Procedimentais: Estudo histórico sobre máquinas térmicas e seu funcionamento.

Atitudinais: Exposição dos resultados obtidos nos estudos para a comunidade escolar.

4. Habilidades

- Compreender a importância que a revolução industrial teve no estudo da termodinâmica;
- Reconhecer os diferentes tipos de transformações gasosas;
- Entender e identificar as leis da termodinâmica no dia-a-dia;
- Compreender os ciclos de funcionamento dos motores 4 (quatro) tempos e 2 (dois) tempos.

5. Pré-requisitos e conhecimentos prévios

- Princípio da conservação da energia;
- Diferença entre calor e temperatura;
- Termometria
- Calorimetria

6. Recursos

- Computador e Datashow para a apresentação da animação interativa;
- Componentes de um motor à combustão (Pistão, cilindro, vela de ignição, válvulas, etc.). Esses componentes podem ser conseguidos em um ferro-velho de uma oficina sem custo algum;
- Quadro, pincel e apagador (para fazer possíveis cálculos).

7. Metodologia

Para a aplicação da animação “Tecnologias da Revolução Industrial: Máquinas Térmicas” (figura 1) é necessário que a turma ainda não tenha iniciado o assunto em sala de aula para que a metodologia proposta seja testada.

A aplicação será feita em três etapas.

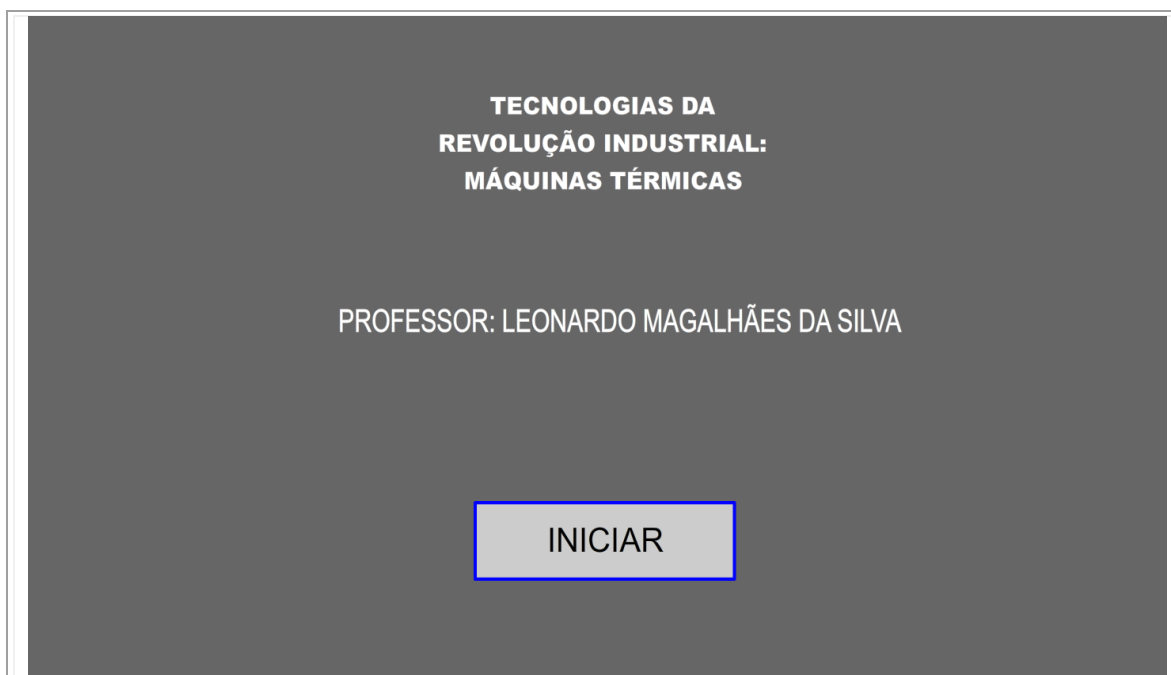


Figura 1 – Animação – início

Fonte: Próprio autor

Primeira etapa: Faremos com os alunos um estudo histórico sobre a termodinâmica, da primeira até a quarta revolução industrial clicando no ícone “Revolução Industrial” do menu principal (figura 2). Serão discutidos dentro do tema, tópicos básicos, como: as causas da revolução industrial, as revoltas e um resumo de cada etapa das quatro revoluções.



Figura 2 – Animação – Menu Principal.

Fonte: Próprio autor

Segunda etapa: No menu principal (figura 2), daremos um clique no botão “Máquinas térmicas”. Neste tópico estão presentes três animações. Na primeira tela veremos no subtítulo “Máquinas à vapor” e logo abaixo uma breve descrição histórica de como, quando e por quem foi criada e aperfeiçoada. Passando para tela seguinte, inicia-se a primeira animação, basta apenas clicar no botão “*play*” para iniciar, “*stop*” para parar (ou simplesmente pressione a tecla enter para iniciar ou parar) e “*retornar*” para reiniciar a animação. Uma dica, é que o professor lembre os alunos dos princípios físicos já estudados em sala, como o princípio da conservação da energia.

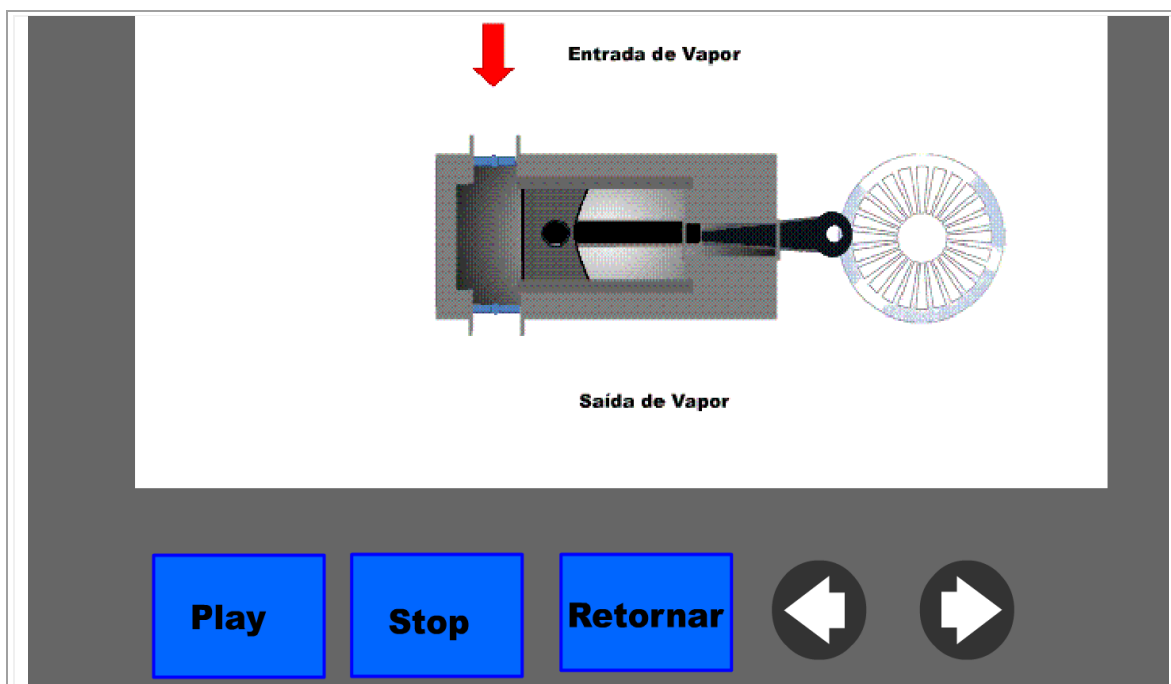


Figura 3 – Animação – Máquinas à vapor.

Fonte: Próprio autor.

Na tela seguinte, iniciamos os motores à combustão interna. O primeiro estudado será o de ciclo Otto (figura 4). E novamente iniciamos com um breve apanhado histórico e em sequência a animação, que segue com o mesmo princípio de funcionamento da primeira. Se for o aluno a manipular a animação, peça para ele passar a seta do mouse em cima das peças do motor (se não faça você mesmo), assim ele verá os nomes de alguns componentes do motor que servirá para eles diferenciarem o funcionamento dos motores de ciclo otto e diesel.

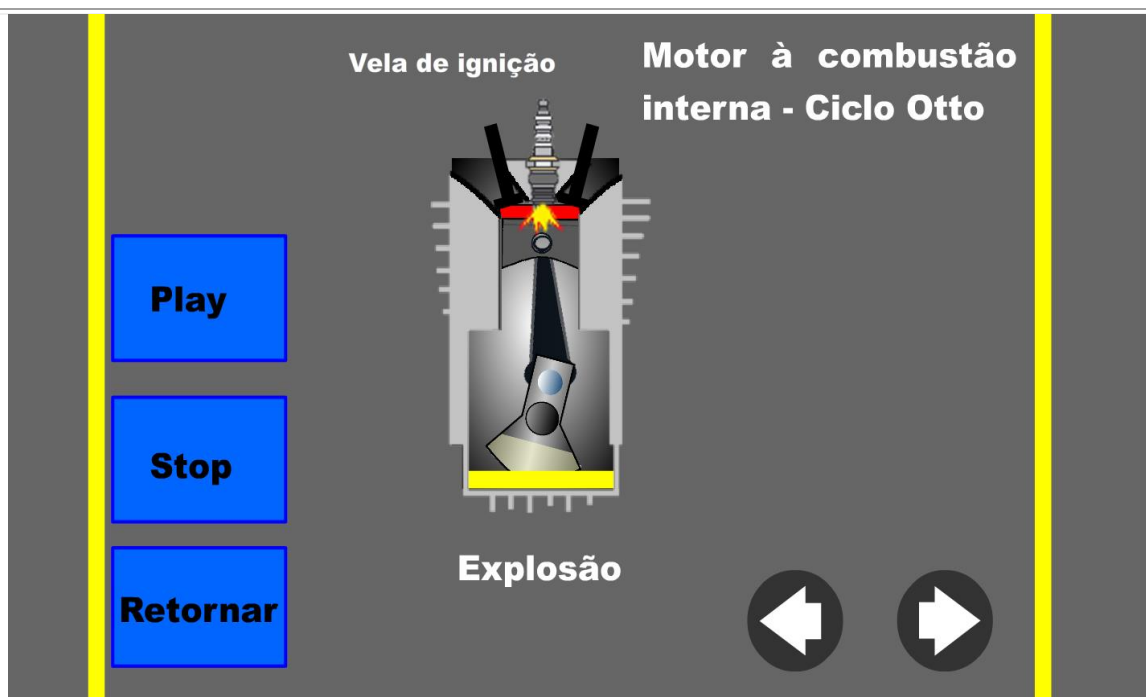


Figura 4 – Animação – motor ciclo Otto

Fonte: Próprio autor

Na sequência, temos o motor de ciclo diesel (figura 5), com alguns tópicos sobre o período e seu criador e na tela seguinte a animação do motor de ciclo diesel. No canto inferior direito encontramos o botão para retornar ao menu principal.

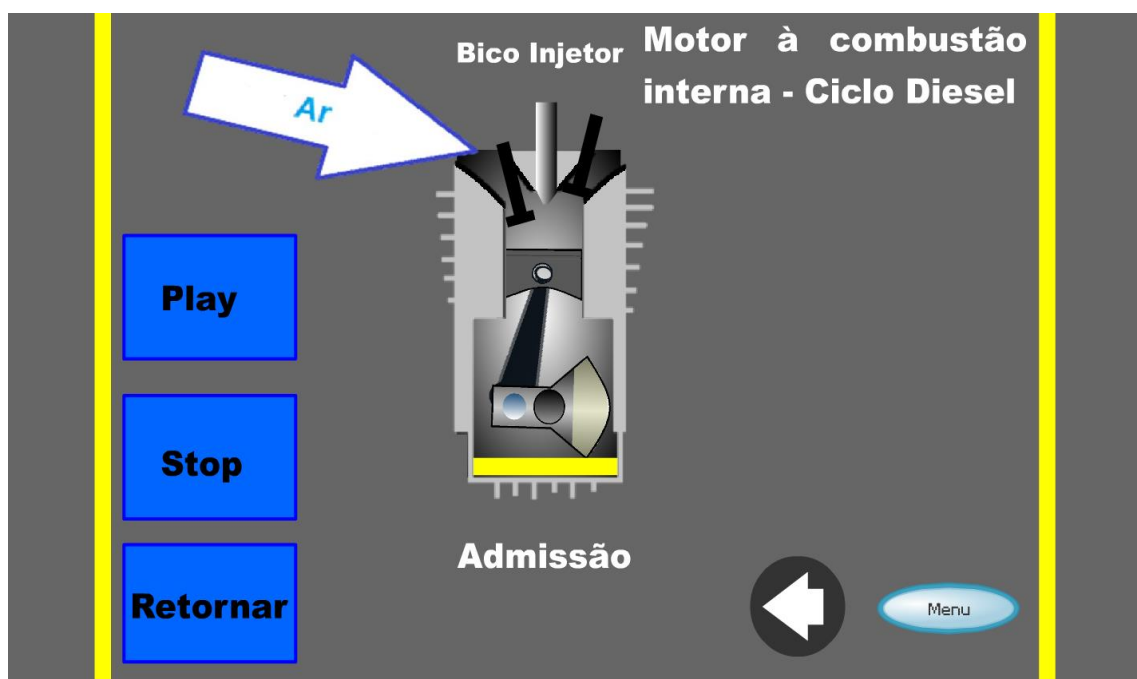


Figura 5 – Animação – motor ciclo Diesel.

Fonte: Próprio autor

A referida animação será trabalhada de forma expositiva, e na execução da animação, os alunos identificarão as etapas de funcionamento do motor conforme já foi discutido em sala. Ainda nessa etapa os alunos conhecem alguns componentes internos do motor, componentes esses que estão presentes na própria animação.

Uma sugestão é que o professor leve algumas peças de um motor à combustão interna, como: válvulas, vela de ignição, êmbolo, cilindro, etc.

Terceira etapa: Nesta etapa o professor seguirá o seu planejamento dando continuação ao assunto (termodinâmica). Ao final do conteúdo, será aplicado aos alunos dois questionários (anexo 1 e 2) para a avaliação do método proposto.

Para ter acesso aos anexos basta clicar no botão “anexos” no menu principal (figura 2). Assim, abrirá uma tela com os anexos necessários para a aplicação deste plano de aula, como o Guia do professor e mais dois questionários (Questionários 1 e 2), todos em PDF.

8. Avaliação

Será utilizada como avaliação os questionários (anexos 1 e 2).

9. Referências

FRANÇA-FILHO, L. R.; ASSIS-JÚNIOR, P. C.; OLIVEIRA-JÚNIOR, F. M.; ROCHA, S. G.; SILVA, C. V. **A história da física no contexto escolar do ensino médio no município de desterro – Pb.** Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia/UEPB, 2012.

GATTI, S. R. T.; NARDI, R.; SILVA, D. **História da ciência no ensino de física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores.** Investigações em Ensino de Ciências – V15(1), pp. 7-59, 2010.

HOBSBAWM, E. J. **Da Revolução Industrial inglesa ao imperialismo.** Rio de

Janeiro: Forense Universitária, 2000.

MOTA, C. G. **Revolução Francesa** (1995). 6ª ed, Editora Ática.

RAMALHO-JUNIOR, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. **Os fundamentos de física**. Ed. Moderna, 2007.

SILVEIRA, F. L. **Máquinas térmicas à combustão interna de Otto e de Diesel** (2009). Disponível em: <www.if.ufrgs.br/~lang/maqterm.pdf>. Acessado em Outubro de 2018.

TAVARES, R; RODRIGUES, G. L.; SANTOS, J. N.; ANDRADE, M. **Animação Interativa: Primeira Lei da Termodinâmica – Ciclo Otto**. Núcleo de Construção de objetos de Aprendizagem (NOA) UFPB. Disponível em: <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/>. Acessado em Outubro de 2018.

Anexo A

Certificado de participação no evento III Jornada de experimentos de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS



Certificamos que **LEONARDO MAGALHÃES DA SILVA, CPF 002.207.502-03**, participou do evento **JORNADA - III JORNADA DE EXPERIMENTOS DE FÍSICA** realizado durante o período de **26/04/2019** a **26/04/2019** com carga horária de **20 horas**, na condição de **APRESENTADOR DE TRABALHO - MODALIDADE: COMUNICAÇÃO ORAL**.

Marabá, 28 de Maio de 2019

Número do documento: **17586** Código de Verificação: **1ec9fc9420**

Para verificar a autenticidade deste documento acesse <https://sigeventos.unifesspa.edu.br/eventos/documentos>, informando o número do documento, data de emissão do documento e o código de verificação.