



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG) /
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO (UFCAT) em implantação
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL DE ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)

ÉRICA APARECIDA CÂNDIDA BARBOSA

**O ENSINO DE CONCEITOS TERMODINÂMICOS POR MEIO DA
EXPERIMENTAÇÃO EM SALA DE AULA**

CATALÃO-GO

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE FÍSICA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

ÉRICA APARECIDA CANDIDA BARBOSA

3. Título do trabalho

O ENSINO DE CONCEITOS TERMODINÂMICOS POR MEIO DA EXPERIMENTAÇÃO EM SALA DE AULA

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **ERICA APARECIDA CANDIDA BARBOSA, Discente**, em 22/12/2022, às 12:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3410043** e o código CRC **0EA04DDA**.

ÉRICA APARECIDA CÂNDIDA BARBOSA

**O ENSINO DE CONCEITOS TERMODINÂMICOS POR MEIO DA
EXPERIMENTAÇÃO EM SALA DE AULA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, do Instituto de Física, da Universidade Federal de Goiás (UFG) / Universidade Federal de Catalão (UFCAT) em implantação, como requisito para obtenção do título de Mestra em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Educação Básica. Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio.

Orientador: Professor Doutor Marcionílio Teles de Oliveira Silva

CATALÃO-GO

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFCAT.

Barbosa, Érica Aparecida Cândida
O ENSINO DE CONCEITOS TERMODINÂMICOS POR MEIO DA
EXPERIMENTAÇÃO EM SALA DE AULA / Érica Aparecida Cândida
Barbosa. - 2023.
CLXVIII, 168 f.

Orientador: Prof. Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Catalão, Instituto
de Física, Catalão, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
em Rede, Catalão, 2023.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui fotografias, abreviaturas, símbolos, gráfico, tabelas, lista de
figuras, lista de tabelas.

1. Ensino de Física. 2. Experimentação. 3. Termodinâmica. 4.
Concepções Espontâneas. I. Silva, Marcionílio Teles de Oliveira,
orient. II. Título.

CDU 53



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE FÍSICA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 09 da sessão de Defesa de Dissertação de **ÉRICA APARECIDA CANDIDA BARBOSA**, que confere o título de Mestra em **Ensino de Física**, na área de concentração **Física na Educação Básica**.

Aos vinte e oito dias do mês de novembro de dois mil e vinte dois, a partir das 15:00 horas por vídeo Conferencia, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “**O ENSINO DE CONCEITOS TERMODINÂMICOS POR MEIO DA EXPERIMENTAÇÃO EM SALA DE AULA**” nas dependências da Universidade Federal de Catalão, onde os programas de pós-graduação stricto sensu em funcionamento encontram-se provisoriamente vinculados à Universidade Federal de Goiás, em virtude de procedimentos técnicos relacionados à CAPES, já sendo realizada a transferência da Biblioteca Digital de Dissertações e Teses (BDTD). Assim, justifica-se os nomes das instituições neste documento, uma no cabeçalho (UFG), outra no corpo do texto (UFCAT). Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, **Professor Doutor Marcionilio Teles de Oliveira Silva (PPGEF/UFCAT)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Professora Doutora Rosângela Borges Pereira (CUA/UFMT)**, membro titular externo; **Professor Doutor Jalles Franco Ribeiro da Cunha (PPGEF/UFCAT)**, membro titular interno. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata (**x**) **Aprovada** () **Reprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo **Professor Doutor Marcionilio Teles de Oliveira Silva**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos vinte e oito dias do mês de novembro de dois mil e vinte dois.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Marcionilio Teles De Oliveira Silva, Professor do Magistério Superior**, em 14/12/2022, às 21:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jalles Franco Ribeiro Da Cunha, Professor do Magistério Superior**, em 15/12/2022, às 15:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **ROSÂNGELA BORGES PEREIRA, Usuário Externo**, em 16/12/2022, às 09:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3397649** e o código CRC **CA08COE5**.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva, pela excelente orientação;

Aos colegas da turma;

Aos meus alunos que se disponibilizaram a prestar seus depoimentos que serviram de material de apoio à esta pesquisa;

À minha família que me apoiou e me ajudou nas constantes idas e vindas para concluir esse curso;

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

O ENSINO DE CONCEITOS TERMODINÂMICOS POR MEIO DA EXPERIMENTAÇÃO EM SALA DE AULA

Érica Aparecida Cândida Barbosa

Orientador:

Prof. Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física 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.

Este trabalho descreve uma atividade desenvolvida em uma turma de 2º Ano do Ensino Médio do CEJA - Filostro Machado Carneiro, na cidade de Caldas Novas, Goiás. A principal proposta deste trabalho foi, por meio da experimentação, verificar a compreensão dos conceitos físicos relativos à Termodinâmica a partir de uma perspectiva histórica. Embora a proposta inicial, elaborada em 2019, previsse um processo de intervenção integralmente presencial, a necessidade de distanciamento social proveniente da pandemia do vírus Covid-19, iniciada em 2020, demandou uma série de ajustes. A partir disso, as atividades foram desenvolvidas remotamente, com o uso de ferramentas como o Google Meet, Google Forms e Google Classroom. Para assegurar a participação, os alunos também puderam utilizar o laboratório e demais recursos do espaço escolar, porém, sem o acompanhamento presencial da professora, que pode retornar ao estabelecimento apenas no ano de 2021. O trabalho foi dividido em três momentos pedagógicos: apresentação da proposta, identificação das concepções espontâneas dos estudantes e execução dos experimentos. Esses momentos pedagógicos tiveram como finalidade tornar o Ensino de Ciências, especialmente a Física, mais atrativo, fugindo da mecanização do ensino. Para esta proposta foram escolhidos quatro experimentos: o Termoscópio de Galileu, o Barquinho a Vapor (Barquinho Pop-Pop), Máquina Térmica e o Calorímetro. Todos os experimentos foram feitos com materiais de fácil acesso, a fim de facilitar a confecção dos mesmos. As atividades desenvolvidas impeliram a participação dos estudantes em todas as etapas, sendo obtidos resultados satisfatórios no que diz respeito a compreensão dos alunos acerca dos conceitos da Termodinâmica. Em geral, a Termodinâmica é naturalmente tratada como um conteúdo complexo e inacessível.

Palavras-chave: Ensino de Física, Experimentação, Termodinâmica, Concepções Espontâneas.

ABSTRACT

TEACHING THERMODYNAMIC CONCEPTS THROUGH EXPERIMENTATION IN THE CLASSROOM

Érica Aparecida Cândida Barbosa

Supervisor:

Prof. Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação in Physics Teaching no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

This paper describes an activity developed in a 2nd year high school class at CEJA - Filostro Machado Carneiro, in the city of Caldas Novas, Goiás. The main purpose of this work was, through experimentation, to verify the understanding of the physical concepts related to Thermodynamics from a historical perspective. Although the initial proposal, prepared in 2019, provided for a fully face-to-face intervention process, the need for social distancing arising from the Covid-19 virus pandemic, which began in 2020, required a series of adjustments. From there, activities were developed remotely, using tools such as Google Meet, Google Forms and Google Classroom. To ensure participation, students were also able to use the laboratory and other resources in the school space, however, without the teacher's face-to-face monitoring, who can only return to the establishment in 2021. The work was divided into three pedagogical moments: presentation of the proposal, identification of students' spontaneous conceptions and execution of experiments. These pedagogical moments were intended to make Science Teaching, especially Physics, more attractive, avoiding the mechanization of teaching. For this proposal, four experiments were chosen: the Galileo Thermoscope, the Steam Boat (Pop-Pop Boat), Thermal Machine and the Calorimeter. All experiments were carried out with easily accessible materials, in order to facilitate their preparation. The activities carried out encouraged the participation of students in all stages, with satisfactory results being obtained in terms of students' understanding of the concepts of Thermodynamics. In general, Thermodynamics is naturally treated as complex and inaccessible content.

Keywords: Physics teaching, Experimentation, thermodynamics, spontaneous conceptions.

Catalão, GO
November 2022

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Máquina Térmica de Papin.....	46
Figura 3.2 - Regulador centrifugo de James Watt.....	47
Figura 3.3 - Diagramas comparativos das escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin...	51
Figura 3.4 - Diagramas de transferência de energia.....	56
Figura 3.5 - Diagrama do funcionamento de uma máquina térmica.....	57
Figura 3.6 - Diagrama do Ciclo de Carnot para uma amostra de gás ideal.....	61
Figura 4.1 - Execução e apresentação do Termoscópio de Galileu.....	71
Figura 4.2 - Execução e apresentação do Barquinho a Vapor.....	72
Figura 4.3 - Execução e apresentação da Máquina Térmica.....	72
Figura 4.4 - Execução e apresentação do calorímetro caseiro.....	66
Figura 4.5 - Organização da sala para realização das atividades.....	77
Figura 4.6 – Organização da sala para realização das atividades.....	78
Figura 4.7 – Representação de exposição de conteúdo.....	79
Figura 4.8 – Modelo uma reunião via Google Meet.....	79
Figura 4.9 – Modelo da página na plataforma do Google Classroom com as salas registradas, alunos e professores.....	80
Figura 4.10 – Modelo da página formulários Google.....	81
Figura 4.11 – Execução e apresentação do Termoscópio de Galileu.....	83
Figura 4.12 - Execução e apresentação do barquinho a vapor.....	84
Figura 4.13 - Materiais utilizados na confecção do barquinho a vapor.....	85
Figura 4.14 - Molde do barquinho a vapor.....	85
Figura 4.15 - Barquinho a vapor finalizado.....	85
Figura 4.16 - Execução e apresentação da Máquina Térmica.....	87
Figura 4.17 - Latinha de refrigerante vazia.....	87
Figura 4.18 - Máquina térmica finalizada.....	88
Figura 4.19 - Execução e apresentação do calorímetro caseiro.....	89
Figura 4.20 - Alguns materiais relacionados a montagem do calorímetro caseiro.	89
Figura 5.1 - Sexo dos estudantes.....	90
Figura 5.2 - Idade dos estudantes.....	91
Figura 5.3 - Quais dos cursos abaixo você frequentou ou frequenta?.....	91
Figura 5.4 - Você está trabalhando atualmente?.....	92

Figura 5.5 Há quanto tempo você trabalha?.....	92
Figura 5.6 - Em qual ramo você trabalha atualmente?.....	93
Figura 5.7 - Todos os equipamentos, criados ou não pelo homem, que facilita o trabalho do ser humano pode ser considerado uma máquina. Qual dos itens a seguir não é uma máquina?.....	94
Figura 5.8 - O motor de um automóvel é uma máquina térmica, que funciona obedecendo às leis.....	94
Figura 5.9 - O que é uma máquina térmica?.....	95
Figura 5.10 - A Primeira Lei da Termodinâmica diz respeito a.....	95
Figura 5.11 - A Segunda Lei da Termodinâmica diz respeito a.....	96
Figura 5.12 - Como é sua frequência escolar?.....	97
Figura 5.13 - Com relação aos conteúdos apresentados, eles tiveram relevância na sua vida?.....	98
Figura 5.14 - Você considera o método de ensino adotado para o exposição do conteúdo como.....	98
Figura 5.15 - Ao concluirmos esse conteúdo, seu grau de entendimento deste foi.....	99
Figura 5.16 - Você adquiriu novos conhecimentos após ter estudado esse conteúdo?.....	99
Figura 5.17 - Quanto ao domínio do conteúdo, como você classificaria o grau de domínio do professor?.....	99
Figura 5.18 - Quanto à exposição do conteúdo, as exposições do professor foram.....	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Respostas de alguns alunos acerca da compreensão e aplicação prática de conceitos físicos da Termodinâmica.....	70
Tabela 4.2 – Pareceres de alunos sobre a confecção dos experimentos, em especial o barquinho a vapor.....	71
Tabela 4.3 – Respostas dos alunos a questão “de que maneira a Química interferia no funcionamento do barquinho?”.....	71
Tabela 4.4 – Materiais Utilizados na construção do barquinho.....	80
Tabela 4.5 – Materiais utilizados na construção da Máquina Térmica.....	83
Tabela 4.6 – Materiais utilizados na construção do calorímetro caseiro.....	85

LISTA DE SIGLAS

APMC – Aprendizagem por Mudança Conceitual
ATM – Atmosferas
AVA – Ambiente Virtual de Aprendizagem
BNCC – Base Nacional Comum Curricular
CEJA – Centro de Educação de Jovens e Adultos
EJA – Educação de Jovens e Adultos
ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio
EUA – Estados Unidos da América
FAI – Projeto Física Autoinstrutivo
FUNBEC – Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências
IBECC – Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura
LDBEN – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
LDB – Lei de Diretrizes e Bases
MCA – Movimento das Concepções Alternativas
OBF – Olimpíada Brasileira de Física
ONC – Olimpíada Nacionais de Ciências
OVA – Objetos Virtuais de Aprendizagem
PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PSSC – *Physical Science Study Committee*
SAEGO – Sistema de Avaliação Educacional do Estado de Goiás
SAEB – Sistema de Avaliação da Educação Básica

SUMÁRIO

Capítulo 1 Introdução	16
Capítulo 2 O Ensino de Física no Brasil.....	22
2.1. Abordagem experimental no Ensino da Física.....	25
2.2. Por que ensinar física?	27
2.3. A linguagem de Vygotsky para a prática escolar	32
2.4. A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel	38
2.5. As Sequências Didáticas	44
Capítulo 3 Aspectos Teóricos da Termodinâmica	45
3.1. Abordagem Histórica da Termodinâmica.....	45
3.2. Temperatura e Equilíbrio térmico	50
3.2.1 <i>Escala Celsius</i>	51
3.2.2 <i>Escala Fahrenheit</i>	51
3.2.3 <i>Escala Kelvin</i>	52
3.2.4 <i>Relação matemática entre as escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin</i>	52
3.2.5. <i>Capacidade Térmica</i>	53
3.2.6. <i>Máquinas Térmicas</i>	55
3.3. Teoria de Carnot.....	58
3.3.1 <i>O Ciclo de Carnot</i>	60
Capítulo 4 Aspectos Metodológicos.....	62
4.1. Metodologia	62
4.2. Plano de ensino	63
4.2.1. <i>Tema</i>	64
4.2.2. <i>Apresentação</i>	64
4.2.3. <i>Justificativa do Tema</i>	65
4.2.4. <i>Objetivo Geral das aulas</i>	65
4.2.4.1 Objetivos Específicos	66
4.2.4.2. Conteúdos	66
4.2.4.3. Desenvolvimento	66
4.3. Momentos	66
4.3.1 <i>Momento 1</i>	67
4.3.2 <i>Momento 2</i>	67
4.3.3. <i>Momento 3</i>	68

4.3.4. Momento 4	68
4.3.5. Momento 5	68
4.3.6. Momento 6	68
4.3.7. Momento 7	69
4.3.8. Momento 8	69
4.3.9. Momento 9	69
4.4. Descrição das atividades práticas	70
4.4. O Ensino de Física x realidade dos alunos	75
4.5. Atividades desenvolvidas no Ambiente Virtual.....	77
4.6. Experimentos Finalizados	82
Capítulo 5 Análise dos Resultados.....	90
5.1 Levantamento Socioeconômico	90
5.2 Concepções Espontâneas.....	93
5.4. Autoavaliação	97
5.5. Avaliação por parte dos estudantes quanto as atividades desenvolvidas como um todo.....	100
Capítulo 6 Considerações Finais	103
Referências	107
Referências - Youtube	114
APÊNDICES	1
Apêndice A O PRODUTO EDUCACIONAL.....	2
Apêndice B.....	1
Apêndice C.....	1
Apêndice D.....	1
Apêndice E	1

Capítulo

1 Introdução

A entrada da Física como disciplina do currículo da educação básica, no Brasil, ocorreu em 1837 com a fundação do Colégio Pedro II no Rio de Janeiro. Nessa época o ensino era baseado em aulas expositivas através da transmissão de informações, com objetivo apenas da preparação para os exames externos para aqueles que desejavam continuar seus estudos. Percebe-se que ao longo desse tempo, as características do ensino de Física pouco mudaram, de acordo com Neto e Pacheco (apud Nardi, 2001, p. 17), trata-se de um ensino.

[...] calcado na transmissão de informações através de aulas quase sempre expositivas, na ausência de atividades experimentais, na aquisição de conhecimentos desvinculados da realidade. Um ensino voltado primordialmente para a preparação aos exames vestibulares, suportado pelo uso indiscriminado do livro didático ou materiais assemelhados e pela ênfase excessiva na resolução de exercícios puramente memorísticos e algébricos. Um ensino que apresenta a Física como uma ciência compartimentada, segmentada, pronta, acabada, imutável.

Com relação aos livros de Física utilizados daquela época, nota-se, segundo Coimbra (2007, p.37-38) que estes, “tratavam o conhecimento físico com enfoque conceitual e o conteúdo era apresentado em forma de tabela conceitual”. Os autores desses livros geralmente eram franceses. Já em 1858 é adotado no Brasil o livro de Saturnino de Meireles, que tratava o conhecimento físico como um “conjunto de definições axiomáticas” (COIMBRA, 2007, p. 38). Ainda segundo Coimbra, esse era um livro atualizado para a época em questão, pois ao tratar das definições axiomáticas, o mesmo não explicita “o processo de construção desse conhecimento, também não usa linguagem matemática, faz descrições de instrumentos e experimentos e relaciona o conhecimento e suas aplicações” (COIMBRA, 2007, p.38). Características bastante diferentes do livro do francês de Adolphe Ganot, adotado no Brasil em 1870, onde o conhecimento físico “é abordado utilizando linguagem matemática para deduções e apresentações de fórmulas” (COIMBRA, 2007, p.38). Neste livro de Ganot é apresentado também “relatos da História da Física”, além de uma “descrição detalhada de experimentos e seus resultados” (COIMBRA, 2007, p.38).

A preocupação por parte de professores, governantes e pesquisadores com o ensino de física atualizado, motivador e eficiente vem de longa data. E, uma das primeiras iniciativas nesse sentido foi o projeto PSSC (*Physical Science Study Committee*), criado nos EUA, em 1956, sob o patrocínio da *National Science Foundation* e, posteriormente, difundido em várias

partes do mundo, inclusive no Brasil.

A termodinâmica é um tópico-chave em um curso de física contemporânea. No entanto, conceitos centrais como calor e trabalho são frequentemente confundidos pelos alunos (MELTZER, 2004; ROON et al., 1994). Particularmente para funções de processo, como trabalho realizado através de mudanças de pressão e volume de um gás, os alunos podem ter mais dificuldade em descrever com precisão a matemática dentro de um contexto de física (Pollock et al., 2007). Por outro lado, uma visão mecânica clássica do trabalho mecânico sendo o produto da força e da distância é normalmente apresentada aos alunos antes da universidade.

Novos modelos mentais e justificativas teóricas como métodos para o ensino de conceitos termodinâmicos tem sido objeto de pesquisas muito recentes (KIM; NAM, 2021; LIPSCOMBE, 2020; WU, 2019). Apresentar um experimento aos alunos, além de uma justificativa teórica, permite que a conceituação da transformação de energia seja 'ancorada'.

O trabalho experimental, nos seus vários formatos, é um instrumento privilegiado Cachapuz (2004). A prática experimental faz com que o aluno relacione o seu cotidiano com o mundo da física teórica. Como diz Oliveira et al. (2000), essa didática de ensino dá ao aluno a oportunidade de verificar como é fundamental a utilização do experimento que se embasa na teoria científica do conteúdo que foi estudado e que seja consistente com evidências experimentais. Para tanto necessitamos entender porque é importante para o professor de Física do Ensino Médio desenvolver práticas experimentais que agucem a criatividade de seus alunos, estes experimentos aliados ao benefício de serem de baixo custo fazem a experimentação ser de fácil reprodução pelos alunos em suas residências.

A necessidade de experimentos de Física com baixo custo de montagem e manutenção, tem se tornado algo essencial na vida dos professores de Física do Ensino Médio, pois através destes que o professor terá um método de despertar a atenção e a curiosidade de seus alunos. Assim como John Locke, há trezentos anos, percebeu a necessidade da atividade experimental, vemos a necessidade de uma abordagem aos alunos não somente ilustrativa, mas construtivo. Portanto, o nosso objetivo neste trabalho é tentar definir aspectos que norteiam a prática experimental no ensino médio, especialmente na área de termodinâmica.

O presente produto educacional destina-se ao enriquecimento do processo de ensino e aprendizagem de alunos e professores capacitando-os a utilizarem de forma simplificada e prática os conceitos da termodinâmica em sala de aula. Desta forma, escolheu-se como instituição de ensino para vivência experimental deste estudo a escola Estadual CEJA situada

na cidade de Caldas Novas, Goiás. O público alvo centrou em uma turma do segundo ano do ensino médio composta por 35 alunos. Assim, foram aplicadas através de uma sequência didática, atividades complementares da disciplina Ciências (Física) de modo a compreender os conceitos da termodinâmica dentro de uma visão histórica. Dentro dos experimentos realizados estão o Termoscópio de Galileu, o barquinho a vapor (barquinho pop-pop), a máquina térmica e o calorímetro.

O tema abordado levou em consideração a grande dificuldade encontrada pelos professores em transmitir o conteúdo eficazmente e a dificuldade de compreensão do mesmo por parte dos alunos, o que os leva a ter um rendimento insatisfatório nas avaliações, principalmente as externas, SAEGO (Sistema de Avaliação Educacional do Estado de Goiás), SAEB (Sistema de Avaliação da Educação Básica), ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), OBF (Olimpíada Brasileira de Física), ONC (Olimpíadas nacionais de ciências), entre tantas outras.

Em geral, observa-se que aulas práticas são cansativas em razão de ser indispensável empenho para realização de atividades que trazem soluções, além do aperfeiçoamento de propostas com inovações, o que acarreta trabalho maior que o normal exigido pelas aulas teóricas, levando os alunos a terem comportamentos extravasados, conduzindo-os a uma certa indisciplina trazida pela euforia de um ambiente diferente e, também, de um contato maior com os colegas de sala. Por isso, muitos professores optam pela não utilização de práticas experimentais no desenvolvimento de suas aulas. Contudo, a medida que a metodologia vai sendo desenvolvida, com comprometimento e insistência por parte do professor, o baixo rendimento dos alunos e a indisciplina dos mesmos são superados. Nessa visão, é importante fazer um acordo, negociar, ouvir os alunos, expor a proposta metodológica e deliberar funções aos estudantes antes de iniciar os trabalhos.

Esta organização baseia-se em fazer uma investigação prévia dos conhecimentos já adquiridos pelos alunos acerca do conteúdo, bem como o planejamento sequencial de montagem e exposição de experimentos, levando-se em consideração um caminho teórico que oportuniza conhecimentos no momento da prática.

A Termodinâmica é um conteúdo existente no cotidiano das pessoas, que paulatinamente com o passar dos anos, adentrou a vida modernizada da contemporaneidade, baseado no fato de que o calor e sua propagação está relacionado com quase tudo. Desta forma, sabe-se que calor é uma grandeza que existe quando há uma diferença de temperatura entre dois ou mais corpos em contato, e, dessa diferença de temperatura, origina-se uma energia que é transferida do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura, ou seja,

é a transferência de energia térmica que flui de um corpo para o outro.

Diante do exposto, a construção do produto educacional torna-se viável do ponto de vista científico onde insere-se um novo olhar sobre o ensino da Física em sala de aula propondo ações utilizando materiais de fácil acesso aproximando conceitos comprovados da termodinâmica numa perspectiva histórica. Desta forma, rompendo, as barreiras e paradigmas que dificultavam o entendimento entre a física e os processos de experimentações da termodinâmica, o aluno, a partir de atividades estruturadas construiu saberes práticos dentro da sala de aula. Assim, a termodinâmica e todo o universo que a envolve foi pensada dentro de uma égide que promoveu o conhecimento aplicável desmitificando a ideia de que a Física é algo distante e de difícil compreensão.

De forma ampla, o termo “método” é conceituado por Chaui (1994) como sendo um conjunto de técnicas e procedimentos que utilizam um caminho seguro em busca do conhecimento. Assim, na visão da autora o método pode ser considerado uma via de acesso que tem por objetivo discernir a direção que se pretende ir. O método assimila um percurso junto com outros métodos em busca de orientar o pesquisador diante do rumo e objetivo que pretende alcançar a partir dos riscos e pesquisas teóricas que norteiam o caminhar.

Desta forma, o marco metodológico centra-se na vivência, análise e observação in loco de atividades práticas para a construção de quatro experimentos baseados na termodinâmica, contemplando a Física na prática e as suas idiossincrasias históricas.

O enfoque principal deste estudo parte da necessidade de se estabelecer uma conexão entre a ciência (física) e a prática na escola evidenciando a termodinâmica dentro de uma perspectiva histórica.

Quanto ao tipo de investigação, este estudo se refere aos processos de construção de saberes práticos associados à termodinâmica dentro da escola como meio de otimizar os processos de uma efetiva aprendizagem científica (física). Assim, a partir da pesquisa experimental de campo construiu-se quatro experimentos com a verificação da situação real que ocorre dentro da escola CEJA nas aulas de ciências. Os experimentos, termoscópio de Galileu, o barquinho a vapor (barquinho pop-pop), a máquina térmica e o calorímetro serviram de comprovação científica das infinitas possibilidades de se agregar teoria e prática na escola. Este estudo, além de experimental, é também, definido como um estudo descritivo pelo fato de objetivar, a partir das dinâmicas e inter-relações de um grupo de 35 alunos do 2º ano do ensino médio buscando soluções práticas para tal, compreender sobre a termodinâmica através de aulas práticas como meio de assegurar que o aluno nessa fase tenha conhecimento efetivo vinculando a prática à teoria nas aulas de física.

Dessa forma, através da abordagem histórica e crítico-social faz-se uma reflexão sobre a realidade do processo educacional de alunos por meio de uma análise situacional, onde é possível reconhecer o problema e objetivar um plano de ação com projeções para o futuro viabilizando os processos da termodinâmica numa propositura de elevar o pensamento acerca das possibilidades da educação em transformar o complexo em prático e aceitável do ponto de vista pedagógico, científico e educativo.

As buscas em bases documentais foram feitas de agosto de 2019 a agosto de 2020 a coleta de dados e a observação na instituição escolhida foram feitas nos meses de agosto de 2019 a agosto de 2020 sendo tempo proficientemente necessário para conclusão desta tese.

A pesquisa bibliográfica realizou-se nas bases de dados como *SCIELO*, artigos indexados em revistas que se relacionavam com o tema, monografias e dissertações submetidas à avaliação. A pesquisa dos dados coletados foi feita no CEJA na cidade de Caldas Novas, Goiás. A população se compõe de 35 alunos do 2º ano do ensino médio. O estudo visa compreender e problematizar os principais avanços, contradições e desafios vivenciados pelos professores e alunos quanto ao ensino prático da física, mais especificamente, quantos aos conceitos históricos da termodinâmica em sala de aula.

Nesta investigação, uma amostra representativa é considerada como aquela que tem todos os elementos característicos da população – alunos do 2º ano do Ensino Médio.

Foram incluídas nesta investigação 35 alunos de uma única turma do Ensino Médio onde foram propostas atividades a partir de uma sequência didática para a construção de quatro experimentos: Termoscópio de Galileu, o barquinho a vapor (barquinho pop-pop), a máquina térmica e o calorímetro tendo como base o emprego dos conceitos da termodinâmica.

Fez-se uso da amostragem intencional a partir da análise da vivência diária de atividades no 2º ano do Ensino Médio da instituição educacional pertencente ao Estado de Goiás, na cidade de Caldas Novas. Desta forma, realizou-se o emprego coerente de uma experimentação onde foi possível compreender os processos que antes eram vistos apenas na teoria nas disciplinas de Ciências e Física. Desta forma, dentro de um contexto articulado com a matriz curricular, empregou-se as experimentações acima descritas.

Pode-se afirmar que é importante que o professor observe o espaço onde acontecerá o momento das aulas práticas tendo como estratégias metodológicas os conceitos utilizados na termodinâmica para promovê-la, e que tais fatores sejam adequados ao experimento de modo a promovê-lo, tanto do ponto de vista educacional quanto da aprendizagem em especial, no que tange à educação da física tida como uma disciplina complexa e intangível.

As técnicas e instrumentos de coletas de dados estão transcritas abaixo e, conforme

Gil (2008), esta fase tem a intenção de recolher informações previamente elaboradas sobre o da tese e inclui o levantamento de várias fontes de dados.

Dessa forma, para a elaboração do presente estudo serão utilizados os métodos qualitativos, exploratório aliado à pesquisa descritiva, para tanto, serão observadas in loco como se constitui o acesso às aulas de ciência, física e os conceitos da termodinâmica e as possibilidades de vivenciá-los na prática em sala de aula.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa em bancos de dados de trabalhos indexados e submetidos à aprovação como: artigos, dissertações, teses, estudos originais e bibliográficos. Posteriormente será feito um questionamento com os alunos acerca do conceito de termodinâmica através de teorias consistentes e logo após haverá um estudo de exploração e de investigação da realidade, cujo objetivo é “[...] proporcionar uma maior familiaridade com o problema, com o fim de fazer mais explícita a construção da hipótese” (GIL, 2008)

Portanto, a investigação de campo contribui para o alcance dos objetivos pretendidos neste estudo, que se estrutura de modo a compreender os processos termodinâmicos presentes no cotidiano, especialmente no que se refere ao dia-a-dia de estudantes do CEJA, considerando a importância das atividades práticas como proposta pedagógica benéfica ao desenvolvimento integral do educando.

No que se refere à estrutura, esta pesquisa inicialmente apresenta um quadro teórico sobre o Ensino de Física, em que buscou-se explorar as potencialidades da experimentação, bem como a importância dos conhecimentos desse campo. Ainda nesse momento, foram apresentadas alguns dos postulados de Vygotsky sobre a linguagem para a prática escolar. Posteriormente, adentrou-se ao tema da Termodinâmica ao nível superior, apresentando as leis da termodinâmica e as principais escalas de temperatura.

Mais adiante foi introduzida a temática das concepções espontâneas dos alunos do Ensino Médio fundamentada nos pressupostos de Perelman, buscando discorrer sobre a relação entre a disciplina de física e a realidade cotidiana dos estudantes. Além disso, foram introduzidas as ideias da aprendizagem por mudança conceitual – APMC.

Na segunda metade do trabalho, têm-se os conteúdos trabalhados, o detalhamento da metodologia e as práticas realizadas. Por fim, são expostos os principais resultados. Para otimizar a visualização dos dados, optou-se pela representação gráfica. Ao fim, está anexo o produto educacional. Por fim, este estudo, além de contribuir com os processos de aprendizagem do público alvo, visa agregar novas percepções ao rol de estudos já desenvolvidos sobre o Ensino de Física.

Capítulo 2

O Ensino de Física no Brasil

Embora, historicamente, o Ensino de Física no Brasil tenha sido muito discutido, percebemos que poucas foram suas modificações ao longo dos anos. Percebemos um ensino que se apoia em algumas conquistas educacionais, sem, contudo, desvencilhar-se de métodos tradicionais de ensino. Sendo assim, é comum que as aulas se resumam em explanações realizadas pelo professor, metodologia esta que torna a compreensão dos conteúdos desta disciplina difícil para muitos alunos, principalmente aqueles que apresentam dificuldades de aprendizagem. Além disso, nas constantes avaliações realizadas, por vezes os alunos precisam optar por respostas certas ou erradas, muitas vezes de perguntas descontextualizadas; frutos de um ensino também descontextualizado.

É importante observar que aquele que se sobressai nesse tipo de avaliação e consegue uma nota maior, nem sempre significa que obteve melhor desenvolvimento ou aprendizado significativo. No ano de 1934 foi criado o primeiro curso de graduação em Física no Brasil que objetivava formar licenciados e bacharéis na área de física. Importante observar que os licenciados poderiam ministrar aulas, desde o ensino fundamental até o ensino superior.

O Ensino de Física no Brasil aparece de maneira mais concreta, a partir do ano de 1837, no período em que foi inaugurado o Colégio Pedro II, no Rio de Janeiro. Nesse período as aulas eram expositivas, tendo como foco a preparação para exames, objetivando o seguimento dos estudos. A partir da década de 1950, a Física passa a fazer parte dos currículos, tornando-se obrigatória; visto a forte influência e intensidade do processo de industrialização no Brasil. Já nesse período, o foco da formação, tanto básica quanto profissional (Superior), era o conteúdo, a objetividade técnica e descontextualizada. Ressalta-se que “Foi implementado um ensino caracterizado pelo domínio de conteúdos e pelo desenvolvimento de atividades experimentais, tendo como referência o modelo americano. Professores foram treinados em curso específicos visando a perpetuação do modelo conteudista experimental” (ROSA; ROSA, 2005, p. 04).

Tal prática repercute ainda nos dias atuais. Diversos autores afirmam que antes da Segunda Guerra Mundial as aulas que continham atividades experimentais no ensino de Física eram precárias e existia apenas uma demonstração daquele experimento pelo professor, tendo em vista que tinham custos elevados, devido à alta tecnologia que tais experimentos significavam neste período. Essa ocasião foi denominada “Era das Máquinas” e focava a

demonstração do fenômeno físico para ilustrar a teoria estudada anteriormente. O pensamento sobre atividades experimentais sofreu mudanças nos anos 50, pois é nesse período que começam a valorizar a montagem de experimentos pelos alunos, que recebiam materiais para montar os experimentos a serem estudados.

Nos anos 1960 é promulgada a LDB, a primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) – lei nº 4.024, de 20/12/1961, criada para fortalecer e fazer a integração do sistema educacional. A lei objetivou dar autonomia aos estados, junto com passos que deveriam guiar toda educação, ocorrendo assim, a descentralização do ensino da esfera federal. A década de 60 foi marcada por conta da grande mudança no campo da ciência, fator indispensável para a história industrial e cultural do país, por conta da facilidade do fluxo dos estudantes as diversas áreas, por exemplo, no setor industrial, comercial e agrícola. Nessa mesma década foi permitido o acesso aos exames vestibulares para qualquer modalidade de ensino, ou seja, cursos diferenciados.

No ano de 1996, a LDBEN passa por uma reforma, devido às atualizações das teorias educacionais e processos de globalização. Com a atualização, surgem também três ideias básicas: a necessidade de formação do cidadão; a preparação para o mundo do trabalho e a premência do estudante continuar aprendendo. Para apoiar a LDBEN, o Ministério da Educação e Cultura (MEC), criou os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), objetivando ser referência nas escolas sem obrigação na elaboração curricular. Todas essas modificações, ao longo dos anos, visaram melhorar o ensino nos diversos campos do conhecimento, inclusive na Física. Contudo, a não aplicação ou ainda a falha nela, imprime no ensino características muito tradicionais, marcadas pelo repasse de teorias que se distanciam, por vezes, da proposta de contextualização e aplicabilidade dos saberes científicos fundamentais para a relação teoria e prática.

Já para o Ensino Médio, as mudanças vêm sendo estudadas desde 2013 e fundamentadas definitivamente em 2017, com a chamada Reforma do Ensino Médio.

Esta Reforma do Ensino é uma mudança estrutural do sistema educacional, é uma importante ferramenta na tentativa de melhorar a educação no país. O currículo é fundamentado na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), obrigatória a todas as escolas em território nacional.

A BNCC foi promulgada para “[...] garantir a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental. Além de possibilitar o prosseguimento dos estudos a todos aqueles que assim o desejarem” (BRASIL, 2018). Vale ressaltar que, ainda de acordo com o documento, “o Ensino Médio deve garantir aos estudantes a

compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática” (BRASIL, 2018. Grifo do autor).

Com a atualização da BNCC, o Ensino Médio passou a ser composto por itinerários formativos e pelas seguintes áreas do conhecimento: I – Linguagens e suas tecnologias; II – Matemática e suas tecnologias; III – Ciências da natureza e suas tecnologias; IV – Ciências humanas e sociais aplicadas; V – Formação técnica e profissional (BRASIL, 2018).

Com essa nova estrutura, as disciplinas foram divididas por áreas do conhecimento, e a Física se encontra no item III, em Ciências da Natureza e suas tecnologias, assim como a Biologia e a Química. O intuito dessa estrutura é de implementar a flexibilidade como princípio de organização curricular, possibilitando currículos e propostas educacionais que melhor atendam às especificidades locais e à multiplicidade de interesses dos estudantes, estimulando o exercício do protagonismo discente, o que desenvolve seus projetos pessoais.

É importante salientar que a BNCC adotou o sistema de educação por competências e habilidades, sendo assim, cada período, matéria, conteúdo e atividade tem de atingir a uma competência e habilidade pré-definidas no documento. Cada disciplina deve alcançar algumas competências específicas e a definição das destas, além das habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias foram priorizados conhecimentos conceituais que foram continuados do Ensino Fundamental, sua importância no ensino de Física, Química e Biologia e sua adequação ao Ensino Médio. Por conseguinte, a BNCC aprofundou-se nas “temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo” (BRASIL, 2018), assim, o aluno pode “investigar, analisar e discutir situações-problema que emergem de diferentes contextos socioculturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais” (BRASIL, 2018). Para o campo das Ciências da Natureza e suas Tecnologias foram definidas as seguintes competências em nível Médio:

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global; 2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis; 3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASIL, 2018, p. 553).

Cada competência específica gera um conjunto de habilidades que estão descritas no decorrer do texto do documento. Cada grupo de competências e habilidades, obviamente, estará vinculado a cada temática supracitada e são nessas temáticas que se enquadra o conteúdo da Termodinâmica na sala de aula. Este tópico trata de assuntos relacionados e pertinentes a Aulas Práticas como metodologia do ensino de Física: Termodinâmica em Foco.

2.1. Abordagem experimental no Ensino da Física

A Física é uma ciência que representa a leitura de mundo e, sendo assim, o seu estudo deveria ser prazeroso e de fácil entendimento. Porém, encontramos um ambiente repleto de estudantes com grande dificuldade de compreensão. O Ensino de Física prioriza o acúmulo de informações e o desenvolvimento de competências estritamente mecanizadas, como o formalismo matemático e outros modelos simbólicos, em detrimento da contextualização dos conteúdos.

Diante desta dificuldade de contextualização, encontramos uma ferramenta didática que possibilita atender os anseios de uma aprendizagem significativa, a experimentação. A experimentação permite que o estudante tenha um contato com a Física de uma forma diferente da sua rotina nas aulas tradicionais, servindo como um elo entre a teoria e a prática, a qual deve atentar aos seguintes propósitos: a superação das concepções empírico-indutivistas da Ciência; a promoção da argumentação dos estudantes; a incorporação apropriada das ferramentas matemáticas, e por fim, a transposição de novos conhecimentos para a vida social. Sendo assim, estudar física a partir da experimentação contribui para que o estudante tenha a possibilidade de reestruturar os seus saberes, refletindo sobre os seus conhecimentos prévios, validando e analisando o acontecimento de algum fenômeno fundamentado por suas concepções.

A atividade experimental constitui-se num elemento facilitador e gerador de interatividade, interferindo diretamente na relação sujeito-saber, estabelecendo relações que potencializam o direcionamento da atenção para o conteúdo por meio da prática. Tal fato culmina num maior entendimento e exercício do relacionar o conteúdo com o cotidiano. A experimentação também contribui com o desenvolvimento da estrutura cognitiva dos sujeitos, atuando através do incentivo à confiança e autoestima (HODSON, 1994).

É necessário que se saiba distinguir entre uma demonstração experimental e uma atividade experimental, uma vez que, apesar de serem expressões parecidas não são semelhantes em sua prática. Contudo, apesar da diferença conceitual, ambas as práticas visam

uma melhoria na compreensão dos conceitos estudados em sala de aula. “Entende-se demonstração experimental como sendo uma ação na qual o professor atua como agente ativo na realização do experimento, cabendo ao aluno à função de mero expectador, que observa o experimento ser realizado, porém não participa da sua condução” (NUNES, 2015, p. 21).

Esse tipo de ação é geralmente executado em espaços destituídos de equipamentos suficientes que todos os alunos participem do momento (GASPAR; MONTEIRO, 2005). No âmbito das atividades experimentais, o aluno interage diretamente com o material dos experimentos. Para Borges (2006), o estudante é o principal realizador desse tipo de atividade, uma vez que pode expressar suas percepções e conhecimentos acerca de um fenômeno previamente definido pelo professor.

Segundo Matos (2004), a atividade experimental tem como meta o alcance de três objetivos: I – Cognitivo: relacionado a resolução de problemas enquanto prática que contribui com a aprendizagem científica; II – Prático: relacionado a capacidade de atuar grupalmente; III – Afetivo: relacionado a capacidade de agir ativamente sobre o meio. Nessa direção, as aulas de laboratório atuam como mecanismos de atribuição de significado aos conteúdos teóricos trabalhados em sala de aula (MELO, 2011).

Cabe, então, ao professor a tarefa de intermediar este processo de reconstrução, a partir da problematização e do confronto com o conhecimento científico, provocando no aluno o desenvolvimento de um espírito crítico, despertando a curiosidade, e não buscar a transmissão do conhecimento de forma pronta e acabada, de maneira acrítica. Esta forma de ensino, utilizando a experimentação, possui a finalidade de possibilitar que os estudantes concebam seus conflitos cognitivos, para que este processo resulte numa aprendizagem significativa [...] (ANDRADE, et al. 2014, p. 06-07).

O trecho acima reforça o pensamento de Freire (1998) de que “[...] ensinar não é transferir a inteligência do objeto ao educando, mas instigá-lo no sentido de que, como sujeito cognoscente, se torne capaz de entender e comunicar o entendido” (FREIRE, 1998, p. 25).

Pode-se usar o princípio da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa como sistemas de referência ao organizar o conteúdo de um curso de eletricidade e magnetismo ou de noções de termodinâmica e teoria geral dos gases, desde que as ideias, fenômenos e conceitos mais gerais e inclusivos sejam apresentados no início do processo instrucional para que sirvam de ancoragem conceitual para a aprendizagem subsequente. Mas, na prática, o que acontece é o inverso, pois na maioria dos livros textos os conteúdos foram selecionados e elencados partindo do particular para o geral, portanto, indo no sentido oposto a uma sequência Ausubeliana.

2.2. Por que ensinar física?

Sem dúvida, o mundo contemporâneo é caracterizado pelos grandes e contínuos desenvolvimentos científico-tecnológicos que transformaram rápida e vertiginosamente a sociedade em que vivemos. O direito dos cidadãos de não serem manipulados, de compreender os fenômenos que os afetam e de intervir judiciousa e ativamente na condução dos processos sociais, hoje exige a aquisição de conhecimento científico tecnológico e o desenvolvimento da capacidade de usá-lo, com consistência e coerência argumentativa, como instrumento estratégico.

Nessa perspectiva, o ensino formal de conteúdos inerentes à Física é indiscutivelmente necessário. Também são necessárias novas metodologias para abordá-la e novas propostas para o desenvolvimento de competências científicas.

De acordo com isso, as reformas educacionais implementadas nos últimos anos no Brasil, em sintonia com a tendência mundial, abordaram a alfabetização científica como um dos objetivos gerais da educação obrigatória (que se estende dos 4 aos 17 anos). Alfabetização entendida como uma estratégia que visa alcançar a apropriação de conhecimentos e saberes sobre a ciência que permitam a participação e apoiem as decisões sobre questões científicas de impacto social. (ABC, 2017)

A educação hoje enfrenta o grande desafio de favorecer a alfabetização científica dos alunos. Desde muito pequenos, desde os primeiros contatos que temos com o mundo e ao interrogarmos permanentemente sobre seu comportamento, construímos conhecimentos (habitualmente chamados intuitivos) com base nos dados que nossos sentidos nos fornecem ou nas mudanças que ocorrem em nosso corpo quando interagimos com o ambiente.

Assim, a partir de um aprendizado implícito e inconsciente (POZO, 2001, 2016), construímos o conhecimento necessário para tornar o mundo mais previsível e controlável e poder agir sobre ele. Graças a esse conhecimento somos capazes, por exemplo, de prever o movimento de automóveis para decidir se devemos ou não atravessar uma rua ou decidir sobre a posição relativa da fonte de luz – objeto – espelho se quisermos ver nossa imagem refletida nele, sem precisar fazer nenhum cálculo ou recorrer ao conhecimento formal.

Implicitamente subjacente a esta construção do conhecimento intuitivo está a premissa de que o mundo é como aparece aos nossos sentidos, por isso concebemos que o nosso conhecimento (construído a partir dos dados fornecidos por esses sentidos) reflete fielmente a realidade. Assim, com base nessa fé realista, assume-se uma “transparência representacional”

do conhecimento (VOSNIADOU, 2007, 2011) desconhece-se a existência de diferentes formas alternativas de interpretar e explicar os fenômenos que ocorrem.

Outra característica da aprendizagem que realizamos quando nos deparamos com um novo dado/objeto/evento/fenômeno é que tendemos a associá-lo a uma categoria ontológica previamente definida à qual atribuímos certas propriedades (Chi, 2002, 2008, 2012). Entre essas grandes categorias estão a matéria e os processos. Assim, se considerarmos algo como matéria, especialmente do modo intuitivo de conhecer, atribuímos a ele certos atributos que seriam seus (ocupar um lugar no espaço, ter massa, ser contível ou poder conter, por exemplo) e atribuímos-lhe uma natureza ontológica objetiva supondo que seja um objeto existente no mundo. Por outro lado, interpretar um fenômeno como um processo, característico do conhecimento científico, implica concebê-lo como um fato ou evento, que se desenvolve ao longo do tempo, que pode ter uma natureza diferente, que envolve um sistema de componentes em interação.

A partir do conhecimento intuitivo, há uma tendência a usar a ideia de um objeto material ordinário como referência ontológica, o que leva a dotar propriedades intrínsecas, não apenas aos objetos, mas a muitos fenômenos que precisam ser interpretados como processos (VIENNOT, 2002, 2021). Por exemplo, concebe-se que conceitos como "peso, movimento, cor, força, energia" são entidades materiais e tendem a ser substancializados de tal forma que as propriedades da matéria são atribuídas a eles. Por sua vez, se algum processo é reconhecido, alguma interação entre as variáveis que intervêm em um fenômeno, geralmente é usado um esquema causal muito simples para explicar os eventos, segundo o qual a relação entre causa e efeito é linear e de uma maneira (POZO, 2001; ABC, 2017).

Assim, com base no conhecimento intuitivo, assumindo implicitamente que o mundo é e se comporta como nossos sentidos nos dizem, e fiéis à tendência de substanciar fenômenos e explicá-los em termos de simples causalidades lineares (reconhecendo apenas alguns dos elementos envolvidos), eles frequentemente elaboram explicações diferentes das propostas pela ciência. Como que para citar apenas um exemplo, a partir do conhecimento intuitivo a cor é concebida como uma propriedade do objeto que vemos com nossos olhos quando o olhamos.

Do contexto científico, por outro lado, é concebido como um fenômeno de percepção visual que ocorre como consequência da interação luz - matéria (a partir dos fenômenos de absorção e reflexão ou transmissão difusa) e luz – sistema visual (onde múltiplos e complexos processos físicos, químicos, neurológicos, cognitivos). Por sua vez, a explicação dos fenômenos físicos associados a esse fenômeno requer o uso de diferentes modelos para

interpretar a natureza da luz. Nesse sentido, para interpretar e explicar os fenômenos de absorção da luz, ela deve ser modelada como uma onda eletromagnética.

Essas diferenças, que são evidentes ao explicar a maioria dos fenômenos naturais a partir do conhecimento intuitivo e científico, seriam devidas às diferenças nas características do próprio processo de construção do conhecimento colocado em jogo em ambos os contextos e aos pressupostos ontológicos, epistemológicos e conceituais sobre qual aprendizagem é baseada.

Vieira (2015) aponta que “A física, da forma que está sendo ensinada nas instituições públicas e até mesmo em instituições privadas, não cumpre o seu objetivo de formação científica”. É válido dizer que, no geral, ocorre da seguinte forma: alguns poucos alunos entendem o que o professor fala, mas isso não os tornam seres críticos, capazes de relacionar o que aprendem na escola, ou seja, o conhecimento sistematizado com os saberes do cotidiano. Isso ocorre devido à falta de experiências e conhecimentos prévios de fenômenos científicos e um desinteresse generalizado pelo que é ensinado (VIEIRA, 2015).

É preciso dizer que, é possível ver e/ou observar que há um pequeno número de docentes que se esforçam em adotar e vivenciar algumas metodologias e estratégias de ensino direcionados à disciplina no Ensino Médio, e apesar das dificuldades que grassam no meio educacional, acabam por estimular interesse e a curiosidade de seus alunos, por exemplo, usando Objetos Virtuais de Aprendizagem (OVA) em suas aulas, alcançando relativo sucesso ao despertar “o desejo de aprender e de participar ativamente da construção do próprio conhecimento” (VIEIRA, 2015).

Então, optando por utilizar os OVA e outras estratégias que possibilitem aos alunos fazer simulações, elaborar hipóteses e realizar abstrações poderá haver aprendizagens em Física. Podendo seguir uma sequência didática metodológica nas aulas, iniciando com atividades encorajadoras, a fim de despertar o interesse dos alunos pela disciplina, promovendo também a interação entre os docentes, discentes e toda comunidade escolar. Além de propiciar tarefas em grupos diferenciados, sempre com a presença do professor, contrariando aquelas aulas mecânicas, repetitivas e desinteressantes, alterando a rotina tradicional das aulas de Física e ajudando a criar novas referências e paradigmas para o setor educacional (VIEIRA, 2015).

Logo, para responder à pergunta: Por que ensinar física? Vieira (2015) aponta ao observar os fenômenos da natureza e questioná-los “[...] estará certamente, tendo uma atitude científica, e principalmente aprendendo um pouco de Física. [...]” (VIEIRA, 2015, p. 08).

Ao comparar cientistas e crianças, o autor deixa claro que, os primeiros experimentam,

elaboram hipóteses, erram e acertam propiciando o desenvolvimento do conhecimento. Daí, para darmos significado à aprendizagem devemos considerar que não estamos formando cientistas e que os erros fazem parte do processo. A aprendizagem, para merecer ser assim chamada, precisa ter significado, ou seja, o aluno ao deixar a sala de aula deve possuir solidificado os conhecimentos deixados pelo educador. Neste sentido, a função do professor de física é desenvolver estratégias, centrado nos alunos, no sentido de provocá-los e desafiá-los até às descobertas e (re)descobertas, utilizando as OVA e as atividades experimentais para levá-lo a aprender os conceitos de Física (VIEIRA, 2015).

Nessa perspectiva, é pertinente dizer que só existe ensino se os educandos aprenderem e se esta aprendizagem tiver ligação estreita com o conhecimento estudado, necessitando que para isso, o docente seja consciente de suas funções dentro do processo de ensino e aprendizagem, cujas ações devem ser responsáveis pelas reações e atitudes comportamentais durante as aulas ministradas (VIEIRA, 2015). Assim, deve-se ter em mente que ensinar física não é fácil, e que aprender é um processo dificultoso. Contudo, é necessário desconstruir a ideia de que apenas aqueles alunos dotados de grande inteligência são capazes de aprender conteúdos físicos. Afinal, a inteligência é uma construção, que varia de indivíduo para indivíduo (PEDUZZI, 2001).

O que se pode deduzir sobre a argumentação feita é que fazer ciência contrapõe ao que a maioria acha, visto que se trata de um “processo natural de descoberta e redescoberta do conhecimento...” (PEDUZZI, 2001). Vale acrescentar que um cientista, ao contrário do que muitos pensam, não é um gênio ou super-herói. Antes, é um ser humano sujeito aos sentimentos que povoam todos os homens, antes de ser cientista é homem (PEDUZZI, 2001).

Podemos inferir, desta maneira, que ser cientista encontra-se ao alcance daqueles que o desejam, assim como as demais profissões a serem escolhidas, logo ser cientista é opcional (VIEIRA, 2015), assim, o objetivo principal do ensino, em especial da Física, é alfabetizar cientificamente os indivíduos, dando-lhes condições de emergirem no campo das ciências e, principalmente, condições de compreender criticamente o mundo que vivemos e de que forma a ciência participa de nosso cotidiano. À parte isso, a alfabetização tecnocientífica possibilitando-nos melhores condições de interação com o mundo tecnológico que permeia nossa sociedade. Corroborando com este pensamento, Vieira diz que: “ensinar Física é proporcionar o aprendizado básico essencial para a formação de cidadãos críticos e conscientes, que saibam exercer plenamente seus direitos e deveres frente à sociedade moderna” (VIEIRA, 2015, p.10).

Nesta perspectiva, a visão de mundo do professor sobre a vida, a ciência e seus

valores, influenciará diretamente em sua atividade docente. Os recursos materiais, a estrutura física, podem servir de combustível ao professor para que ele ministre aulas menos técnicas e mais interessantes a seus alunos, de tal sorte que os conteúdos de física tenham significado na vida do aluno (VIEIRA, 2015, p.10).

É urgente a necessidade de repensarmos nosso modelo educacional, de tal sorte que o educando seja o centro da atividade educacional. Neste sentido, necessitamos de um modelo pedagógico instigante que estimule o aluno a trabalhar em grupo, desenvolvendo idéias, formulando hipóteses e assimilando conceitos básicos por meio de atividades práticas, que reúnam os quesitos necessários para que as tarefas desenvolvidas estejam conectadas à realidade do aluno, tornando-o construtor e condutor do próprio conhecimento (VIEIRA, 2015).

Levando em conta os estágios de desenvolvimento cognitivo, teorizados por Piaget (1973), é no quarto estágio, chamado de Operatório Formal que compreende as características de “Manipulação concreta para o desenvolvimento de ideias e conclusões pautadas em hipóteses sem necessidade de observação” (PIAGET, 1973, p. 09). E, segundo este pensador, é neste momento que “o indivíduo adquire maneiras de desenvolver o pensamento científico; por meio do cérebro, constrói o conhecimento através de múltiplas assimilações que ocorreram durante o seu desenvolvimento. Ele propôs, também, em sua teoria quatro fatores para melhor interpretação das estruturas: “maturação, experiência, transmissão social e equilíbrio” (SANTOS, 2017).

Essas colocações teóricas deixaram evidentes os motivos para se escolher as atividades experimentais para se ensinar e aprender Física no Ensino Médio, justificando que os alunos têm condições para participar dos estudos científicos propostos neste nível de ensino, em decorrência do que afirma Piaget (1973), pela síntese dos fatores necessários para o sucesso do processo de ensino e aprendizado, que “pode surgir de processos de pesquisas, observações e análises fundamentais”. Portanto, os ambientes educacionais e as práticas didáticas devem ser organizados e contar com os recursos necessários e apropriados à prática docente, permitindo que os educandos estejam aptos à procura de novos conteúdos e, assim, façam descobertas e redescobertas, construindo seus saberes” (SANTOS, 2017).

Contribuindo com nosso pensamento, Santos (2017) aponta que as atividades promovidas em forma de demonstração no âmbito da disciplina de Física: “[...] tendem a associar os conceitos de maneira a possibilitar uma observação. Essa verificação possui relação direta com a realidade de cada educando, que utiliza a aprendizagem diária para atribuir significado ao que observa [...]” (SANTOS, 2017, p. 11).

O que deve ser considerado diante disso é que as aulas ministradas através de demonstrações ou experimentações buscam preencher lacunas existentes no arcabouço teórico e cultural dos alunos, referentes aos conhecimentos de natureza científica, que, em boa medida, relacionam-se com os conceitos aprendidos pelo senso comum. Cabe ressaltar que uma única atividade experimental direcionada ou mediada pelo docente, pode apresentar diversas concepções na turma, em conformidade com o grau ou nível de formação (bagagem cognitiva sobre o assunto) de cada estudante (VYGOTSKY, 2001, apud SANTOS, 2017).

Segundo Vygotsky (2001), os trabalhos - ou atividades - vivenciados em equipe (grupo), cuja cooperação entre colegas é natural, é fator determinante para a aquisição do conhecimento. Isto vale tanto nas interações aluno-aluno e discente-docente.

É também Vygotsky que expõe o seguinte, “[...] porque na escola a criança não aprende o que sabe fazer sozinha, mas o que ainda não sabe fazer e lhe vem a ser acessível em colaboração com o professor e sob sua orientação” (VYGOTSKY, 2001, p.331), e é nesse processo que se é possível verificar o papel essencial do professor, que deixa de ser um simples ou mero repetidor/repassador de conteúdo, exercendo a função de mediar, direcionar e possibilitar aos alunos a construção de seus conhecimentos por meio das atividades vivenciadas (SANTOS, 2017).

2.3. A linguagem de Vygotsky para a prática escolar

Lev Semionovich Vygotsky foi um estudioso russo, nascido em Orsha, na Bielorrússia, novembro de 1896. Vygotsky estudou Direito, Filosofia e História em Moscou, a partir de 1912. Durante seus estudos, obteve domínio nas pesquisas acerca das ciências humanas: Língua e Linguística, Estética e Literatura, Filosofia e História. O russo escreveu, aos 20 anos, estudo sobre Hamlet, afinal, a poesia, o teatro, a língua e os problemas dos signos e da significação, além das teorias da literatura, cinema, problemas de história e de filosofia eram objetos de estudos e análises de Vygotsky, antes das pesquisas em psicologia. A Psicologia da Arte, de 1925, foi a primeira obra do autor no mundo da psicologia.

É importante estabelecermos um paralelo com Jean Piaget. Ambos nasceram em 1896, e também não possuindo graduação em Psicologia, Piaget possui uma destacada teoria do desenvolvimento cognitivo, tendo como base sua orientação para as ciências biológicas.

E é nesta diferença de formação que provavelmente se encontra a diferença de dois paradigmas importantes na psicologia do desenvolvimento: o de Piaget, que acentua os aspectos estruturais e as leis essencialmente universais (de origem biológica) do

desenvolvimento, enquanto o de Vygotsky insiste nos aportes da cultura, na interação social e na dimensão histórica do desenvolvimento mental.

Após a universidade, Vygotsky se dedica às mais variadas atividades intelectuais, como: ensinar psicologia, além de preocupar-se com os problemas das crianças deficientes, e ainda continua seus estudos sobre Teoria Literária e Psicologia da Arte. Em 1924 muda-se para Moscou, trabalhando no Instituto de Psicologia. Até 1934, Vygotsky inicia uma produtiva década de pesquisas, criando, então, sua teoria histórico-cultural dos fenômenos psicológicos.

A teoria sociointeracionista desenvolvida por Vygotsky, é bastante utilizada e bem aceita nos meios educacionais brasileiros. Se tivéssemos que definir a teoria de Vygotsky com uma série de palavras-chave, seria, ao menos, as seguintes: sociabilidade do homem, interação social, signo e instrumento, cultura, história, funções mentais superiores. E se desse amontoado de vocábulos tivéssemos de resumir em uma única expressão, poderíamos dizer é uma “teoria sócio-histórico-cultural do desenvolvimento das funções mentais superiores” (IVIC, 2010), ainda que costumeiramente seja conhecida como “teoria histórico-cultural”.

Neste trabalho, esta perspectiva teórica foi utilizada por abordar vários conceitos aplicados na prática pedagógica, como a interação e a mediação, estas que são fundamentais no processo de aprendizagem. Algumas das principais contribuições de Vygotsky utilizadas em educação estão ligadas à “Formação de conceitos” e “Zona de Desenvolvimento Proximal”.

Nessa dissertação, visaremos auxiliar alunos na formação de conceitos sobre a temática “Termodinâmica”, da disciplina de Física, através da experiência em sala de aula. Tal ação será permeada pela mediação do professor, atuando na Zona de Desenvolvimento Proximal dos alunos. Por considerar o sujeito como um ser social, Vygotsky (1991) defende que, desde o nascimento, aprendemos socialmente em processos intrapsicológicos e interpsicológicos, ou seja, influências externas (culturais, sociais, etc.), beneficiam as aprendizagens individuais.

Os estudos de Vygotsky são fundamentados nas relações entre o pensamento e a linguagem no processo da ontogênese, tema principal da obra *Pensamento e Linguagem*. Sabemos atualmente que a capacidade de aquisição da linguagem infantil muito se dá pela hereditariedade. Essas pesquisas de Vygotsky apontam que a hereditariedade não é uma condição suficiente, mas necessária, assim como o contexto social, sob forma de um tipo de aprendizagem específica. Segundo ele, esta forma de aprendizagem nada mais é que o processo de construção em comum no curso das atividades partilhadas pela criança e pelo

adulto por meio da interação social, e através dessa colaboração, o adulto introduz a linguagem que, apoiada na comunicação pré-verbal, aparece, como um instrumento de comunicação e de interação social (VYGOTSKY, 2001).

No livro em questão, Vygotsky (2001), descreve os processos genéticos, pelos quais a linguagem, entendida como as relações sociais, altera-se para um objeto de organização psíquica interior da criança (o aparecimento da linguagem privada, da linguagem interior, do pensamento verbal).

Para esta dissertação, entretanto, a exploração da teoria do desenvolvimento para a educação, pode-se ter alguns entendimentos. Primeiramente, podemos encontrar uma solução para o problema da relação entre o desenvolvimento e a aprendizagem: mesmo se tratando de algo predominantemente determinado pela hereditariedade, no caso da linguagem, a contribuição do contexto social da aprendizagem é construtiva. A contribuição da aprendizagem deve-se ao fato de que fica à disposição da criança a língua.

Neste processo, essa se torna parte integrante das estruturas psíquicas do indivíduo - evolução da linguagem interior. Entretanto, há algo mais: as aquisições novas (a linguagem), de origem social, entram em interação com outras funções mentais, o pensamento, por exemplo. Desse encontro, nascem as funções novas, como o pensamento verbal. Sendo assim, o que mais importa no desenvolvimento não está no progresso de cada função tomada isoladamente, mas na mudança de relações entre diferentes funções, tais como a memória lógica, o pensamento verbal, entre outros. De certa maneira, o desenvolvimento consiste em formar funções compostas, ou sistemas de funções, funções sistêmicas, sistemas funcionais.

Dessa maneira, as influências externas, e, veremos mais adiante, de uma forma bastante especial com a influência escolar, beneficiam diretamente a formação de conceitos do sujeito que aprende.

E, principiando-se dessas ideias, temos uma base do que é o pensamento do pensador russo em relação ao desenvolvimento e aprendizagem. Contudo não é o fim de sua teoria, é apenas, senão, o ponto de partida. As relações entre desenvolvimento e aprendizagem, neste caso de aquisição da linguagem, nos permite definir o primeiro modelo de desenvolvimento: em um processo natural de desenvolvimento, a aprendizagem aparece como um meio de reforçar esse processo natural, pondo à sua disposição os instrumentos criados pela cultura que ampliam as possibilidades naturais do indivíduo e reestruturam suas funções mentais.

O autor explica que a relação dos conceitos científicos com a experiência pessoal da criança é diferente da relação dos conceitos espontâneos. Eles surgem e se constituem no processo de aprendizagem escolar por via inteiramente diferente que no processo de

experiência pessoal da criança. As motivações internas, que levam a criança a formar conceitos científicos, também são inteiramente distintas daquelas que levam o pensamento infantil à formação dos conceitos espontâneos. Vygotsky (1991) afirma que a criança se apoia em seus conhecimentos prévios para assimilar e formar novos conhecimentos. Estes que o autor cita como informais, são conhecimentos adquiridos no cotidiano, que só ganham sentido e geralmente são aprimorados quando a criança expõe aquela ideia para pessoas próximas capazes de interpretar a concepção espontânea da mesma do ponto de vista científico.

O desenvolvimento dos conceitos espontâneos e científicos - cabe pressupor - são processos intimamente interligados, que exercem influências um sobre o outro. Esse é “[...] um processo único de formação de conceitos, que se realiza sob diferentes condições internas e externas mas continua indiviso por sua natureza e não se constitui da luta, do conflito e do antagonismo de duas formas de pensamento que desde o início se excluem” (VYGOTSKY, 2001, p. 261). Ainda segundo Vygotsky (2001), os conceitos científicos e espontâneos ocorrem em direções distintas, porém estão ligados, tendo em vista que, para assimilar a ideia do ponto de vista científico, é necessário que a criança já tenha desenvolvido concepções espontâneas relacionadas.

E isso nos permite aplicar essa teoria na aprendizagem escolar, por exemplo. O processo de aquisição dos sistemas de conceitos científicos é possível pela educação sistemática escolar. Essa contribuição, de educação organizada e sistemática é comparada à aquisição da linguagem oral, em que a aprendizagem tinha um papel construtor, mas não requeria a presença de adultos que dominassem a língua a não ser como parceiros nas atividades comuns. Isso traz à tona o segundo modelo de desenvolvimento que Vygotsky chamou de “desenvolvimento artificial”: A educação pode ser definida como sendo o desenvolvimento artificial da criança: “[...] A educação não se limita somente ao fato de influenciar o processo de desenvolvimento, mas ela reestrutura de maneira fundamental todas as funções do comportamento” (IVIC, 2010, p. 107).

É importante salientar que a educação se torna o desenvolvimento: enquanto no primeiro modelo ela não passava de um meio de reforçar o processo natural, agora, ela é uma fonte, de certa forma, independente, do desenvolvimento. Nas teorias de Vygotsky, podemos localizar vários modelos de desenvolvimento. Leva-se em conta o período do desenvolvimento em foco, a natureza dos instrumentos culturais, o grau de determinação hereditária das funções, etc.

A principal característica do “desenvolvimento artificial é o processo de aquisição dos sistemas de conceitos, o que induziu Vygotsky à descoberta da metacognição do

desenvolvimento. Ou seja, a obtenção de sistemas de conhecimentos baseados em tal grau de generalização; a interdependência dos conceitos em uma determinada rede de conceitos que permite passar facilmente de um conceito a outro e simplifica a execução das operações intelectuais; a existência de modelos exteriores (seja os manuais ou demonstrados pelos educadores), consentindo a condução dessas operações, facilitam a tomada de consciência e o controle, pelo indivíduo, no nosso caso o aluno, de seus próprios processos cognitivos. Este processo de autorregulação voluntária pode ser facilitado pelo tipo de aprendizagem.

Nestes termos, o aluno poderia ter um entendimento mais óbvio sobre seus próprios processos de conhecimento, assim como o controle voluntário desses processos. As relações entre as interações sociais e o desenvolvimento cognitivo fazem parte de temas característicos de Vygotsky, que sempre foi engajado em atividades pedagógicas. Ele era educador e, diz a lenda, que ele era excelente nessa profissão. Ele foi membro de diferentes órgãos dirigentes da educação russa, e foi levado a agir sobre problemas práticos com os quais enfrentava o sistema educacional soviético da época, incluído o da passagem do ensino “complexo” para o ensino por disciplinas escolares na escola primária. Tendo interesse especial pela educação de crianças deficientes.

Abordaremos alguns dos problemas pedagógicos acerca das relações entre desenvolvimento e aprendizagem, sobre a ideia de “zona de desenvolvimento proximal” e sobre as especificidades da educação escolar formal.

De acordo com o russo, o problema entre desenvolvimento e aprendizagem, era teórico. Sendo que, para ele, a educação estava muito ligada ao desenvolvimento e que este ocorre no meio sociocultural real, suas observações apontam para a educação escolar. Para Vygotsky, a educação é apenas alcançar um conjunto de informações; ela é uma das fontes de desenvolvimento e ela mesma se define como o desenvolvimento artificial do aluno. O papel essencial da educação é assegurar seu desenvolvimento, dando-lhe as ferramentas, as técnicas interiores, as operações intelectuais. Em várias oportunidades, Vygotsky fala da aprendizagem de diferentes tipos de atividades.

Vygotsky conferia mais relevância aos conteúdos programáticos, destacando os aspectos estruturais e instrumentais desses conteúdos. Nesse enfoque, pode-se considerar a escola como um fator fundamental de educação, pois nela, mesmo que excluíssemos o que aí é ensinado, subtende uma certa estruturação do tempo, do espaço e repousa sobre um sistema de relações sociais diversas - entre aluno e professor, entre os próprios alunos, entre a escola e o entorno, etc. De fato, o impacto da escolarização é devido, em grande parte, a esses aspectos do “meio escolar”.

A interação professor-aluno-conhecimento, baseia-se em outro conteúdo importante da teoria vygotskiana, o de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Segundo Vygotsky (1991), é importante que o professor atue nesta zona, que compreende o espaço entre a zona de desenvolvimento real e a zona de desenvolvimento potencial. A ZDP é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes. Em outras palavras, o professor precisa conhecer o que o aluno já sabe previamente, aquilo que já consegue fazer sozinho (real) e mediar o conhecimento através de vivências para alcançar o que se pretende aprender, os novos conhecimentos (potencial). As práticas pedagógicas pautadas na concepção de Vygotsky (1991), privilegiam as interações, a mediação do professor, as experimentações, levando o aluno a fazer sozinho aquilo que, anteriormente, precisava do outro para fazer.

No conceito sociocultural de desenvolvimento, a criança não deve ser entendida fora de seu contexto sociocultural. Seus vínculos com os outros fazem parte de sua própria natureza. Desse modo, nem o desenvolvimento da criança, nem o diagnóstico de suas aptidões, tampouco sua educação, podem ser analisados além de seus vínculos sociais. Esta zona é definida como a diferença (expressa em unidades de tempo) entre os desempenhos da criança por si própria e os desempenhos da mesma criança trabalhando em colaboração e com a assistência de um adulto. Nesse entendimento de zona proximal, a ideia da criança como ser social gera um aporte metodológico significativo, afinal o foco é o desenvolvimento da criança no seu aspecto dinâmico e dialético. Na pedagogia, essa noção responder ao seguinte dilema educacional: é necessário esperar que a criança atinja um nível de desenvolvimento particular para começar a educação escolar, ou é necessário submetê-la a uma determinada educação para que ela atinja tal nível de desenvolvimento?

Vygotsky acreditava que a segunda alternativa era a mais adequada, pois, se a criança é exposta a aprendizagens novas, justamente na ZDP, em colaboração com o adulto, a criança poderá facilmente adquirir o que não seria capaz de fazer se fosse deixada a si mesma.

E é nessa zona que o professor atua, não mais como o detentor do saber, mas como um mediador entre o saber prévio do aluno, e o que ele ainda pode vir a aprender. Entretanto, o aluno é o responsável pela forma pela qual irá obter esse conhecimento.

O professor deve atuar na ZDP usufruindo-se de instrumentos e signos das atividades experimentais e virtuais, promovendo de motivação, o engajamento, a imitação e auxílio das pessoas mais capazes.

Por conta disso que a utilização de experimentos no Ensino da Física se configura como instrumento possivelmente eficaz para a aprendizagem, por auxiliar de forma prática, através da vivência, o contato com os saberes (por vezes, abstratos) que compõem esta disciplina. Apresentam-se como propostas para otimizar os processos de ensino e aprendizagem da Física o uso de atividades experimentais, sendo estas, recursos a serem utilizados na mediação do conhecimento.

Vygotsky (2001) aponta que, desde criança, temos concepções diferentes sobre tudo e que estas advêm de conceitos individuais, categorizados por ele enquanto “científicos” ou “espontâneos”. Os conceitos científicos são aqueles aprendidos na educação formal, enquanto os espontâneos são aqueles oriundos da educação informal. O contato com o experimental poderá preencher uma lacuna cognitiva que existia quando o aluno poderá ter uma visão clara daquele conhecimento pré-existente do ponto de vista científico e que o ajudará a fortalecer sua concepção espontânea. O projeto experimental de demonstração que tem a participação de toda a turma, contando com a mediação do professor, baseia-se num processo de interação que de certa forma aparenta uma experiência cotidiana do aluno fora da sala de aula, fortalecendo conceitos espontâneos ligados a esse projeto.

A seguir serão apresentados os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, que assim como Vygotsky, atribui significativa importância às relações estabelecidas entre os sujeitos e o meio em que estão inseridos. A apresentação dessa teoria se justifica pela necessidade de se compreender os processos de assimilação de novos conteúdos, especialmente no que se refere aos conteúdos da disciplina de Física. Sendo assim, os pressupostos de Vygotsky somados aos escritos de Ausubel permitirão o desenvolvimento de um processo assertivo de intervenção.

2.4. A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

Um dos objetivos de uma atividade experimental é o de promover uma aprendizagem significativa no aluno, assim é necessário que o professor entendermos este conceito.

David Paul Ausubel nasceu nos EUA em 1918, filho de pais judeus, motivo pelo qual sofreu preconceito durante a infância e adolescência. Revoltou-se com a educação violenta e humilhante que recebeu. Formou-se psicólogo, e especializou-se na linha cognitivista e construtivista da Psicologia, aliando à sua insatisfação pessoal com os métodos escolares aos quais passou, além dos seus conhecimentos sobre a mente humana, Ausubel propôs sua teoria

(MOREIRA, 1999a).

Não abordaremos toda a obra do David Paul Ausubel acerca da teoria da aprendizagem, mas focaremos os aspectos importantes para o desenvolvimento deste trabalho. O que caracteriza a aprendizagem significativa é a interação cognitiva entre o que o aluno já conhece e o novo conhecimento que ele vai adquirir.

Ausubel indica que para promover a aprendizagem significativa é necessário que sejam considerados os conhecimentos já apreendidos pelos alunos, bem como a organização cognitiva desses, dentro da mente dos estudantes. Conforme o autor, as novas informações recebidas no ambiente escolarizado podem ser assimiladas por meio de relações que ligam os conteúdos a serem aprendidos com as informações já disponíveis na estrutura cognitiva do aprendiz. Nesse caso, a aprendizagem ocorre de modo não literal e não arbitrário, ou seja, significativamente. O autor, considerando os aspectos cognitivos envolvidos nesse processo de apropriação de conhecimentos, desenvolveu a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) (AUSUBEL, 1963).

Nesse contexto, o conhecimento prévio do aluno se torna mais rico e mais elaborado em termos de significado. O professor deverá identificar esse conhecimento prévio e, a partir dele, planejar estratégias pedagógicas que serão utilizadas em suas aulas. Desta forma o aluno se sentirá mais motivado a participar das atividades propostas em sala de aula. Dizer que um indivíduo adquiriu uma aprendizagem significativa significa é dizer que ele entende os fenômenos que o cerca e os explica através de conceitos científicos em detrimento ao conhecimento empírico.

Este conhecimento científico é duradouro e servirá para que o aluno possa entender os fenômenos que o cercam cotidianamente, por isso ele é chamado de aprendizado significativo. O estudante dará um significado prático ao que aprendeu em sala de aula, sem perder, no entanto, os saberes que antes possuía, advindo da observação e vivência cotidiana. O saber significativo é alcançado mais facilmente se o sujeito aprendiz estiver inserido como o agente do processo, saindo da condição de ouvinte e se tornando o sujeito que, de forma efetiva, participa durante as aulas. Na aprendizagem significativa, o aprendiz não é um receptor passivo. Longe disso. Ele deve fazer uso dos significados que já internalizou, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados dos materiais educativos (AUSUBEL, 1963).

Nesse processo, ao mesmo tempo que está progressivamente diferenciando sua estrutura cognitiva, está também fazendo a reconciliação integradora de modo a identificar semelhanças e diferenças e reorganizar seu conhecimento. Quer dizer, o aprendiz constrói seu

conhecimento, produz seu conhecimento. Assim o professor deverá fazer uso de práticas pedagógicas que envolvam a participação dos alunos no seu desenvolvimento. Essa integração é de fundamental importância para que a aprendizagem significativa ocorra de fato. Neste ponto é necessário que haja uma manipulação da estrutura cognitiva do aluno, atentando para os seus saberes prévios (subsunçores¹).

A aprendizagem significativa também necessita, para a sua efetiva ocorrência, que o sujeito aprendiz esteja pré-disposto a aprender, ou seja, para que o aluno aprenda significativamente ele tem que está disposto a incorporar, de maneira não arbitrária e não literal, à sua estrutura cognitiva os significados que capta dos materiais educativos e do seu próprio professor. No contexto deste trabalho a aprendizagem que se deseja é a que foi citada anteriormente. Dando prioridade a um aprendizado permanente e prático para o aluno. As estratégias didáticas sugeridas visam um aumento no interesse do aluno pela Física e uma melhoria na prática docente (AUSUBEL, 1963).

Vale ressaltar que a teoria de Ausubel pode ser compreendida como sendo de ensino e de aprendizagem, e não apenas como uma delas, pois considera tanto aspectos práticos, relacionados ao planejamento do ensino realizado em sala de aula, como aspectos cognitivos, sobre os modos de aprendizagem dos estudantes.

Embora essa teoria tenha sido criada na década de 1960, percebemos que ela ainda é pouco utilizada no contexto da Física, sendo que muitas vezes o termo “aprendizagem significativa” é utilizado sem nenhuma conexão com a teoria proposta por Ausubel. Em muitos casos que se utilizam a TAS, as discussões propostas eram pouco aprofundadas e se restringiam nos conhecimentos subsunçores e na predisposição do estudante em aprender.

Dessa maneira, verifica-se a necessidade de divulgação e de reflexão acerca dos pressupostos dessa teoria de modo que ela possa ser mais bem compreendida para ser adequadamente aplicada na elaboração de propostas didáticas para o ensino da Física.

Na TAS, Ausubel versa sobre os processos de ensino e de aprendizagem ocorridos em sala de aula. O desenvolvimento dessa teoria possibilitou identificar diferentes modos de aprendizagem e de retenção do conhecimento existentes nesse contexto por meio da investigação sobre os diferentes modos de recebimento e de apreensão de informações acadêmicas pelos estudantes, as quais são armazenamentos e organizadas por eles em suas mentes. Esse conjunto de conhecimentos e de conceitos é identificado por Ausubel como

¹Em termos simples, 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. Texto disponível em: <moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf>

estrutura cognitiva. Este complexo arranja-se hierarquicamente, onde concepções mais fragmentadas são ligadas à conceitos gerais, conforme seus significados. De modo geral, é como se a estrutura cognitiva pudesse ser compreendida como uma teia de conhecimentos, onde coexistem concepções diversas, sobre vários assuntos. Quando novas informações se ligam à essas concepções, elas modificam ou ampliam essa rede por meio de novos significados que se estabelecem, a partir de um determinado conceito, ou de um conjunto deles (AUSUBEL, 1963).

Aprender de forma significativa é organizar informações e integrá-las aos conceitos previamente assimilados, preexistentes na estrutura cognitiva, chamados pelo autor, de conceitos *subsunçores*. Existe, portanto, uma informação que seja mais geral e abrangente e que a ela ligam-se as demais, de modo a incrementar mais significados. Nesse processo, o autor também destaca a importância da linguagem nos processos de ensino e de aprendizagem, pois é ela quem promove o intercâmbio de ideias e conceitos os quais são a base da Aprendizagem Significativa. Ausubel evidencia que o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe (AUSUBEL, 1963).

O papel do professor, neste cenário, é descobrir isso e ensiná-lo de acordo. Assim, a partir de conhecimentos prévios, o autor indica que é possível mapear a estrutura cognitiva do estudante para possibilitar o planejamento de práticas que favoreçam a ocorrência da aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1963).

Fazendo um paralelo com Vygotsky, é como se o professor, enquanto mediador, agisse diretamente na Zone de Desenvolvimento Proximal, partindo do conhecimento prévio que o aluno traz consigo, ou seja, o Desenvolvimento Real.

Os conhecimentos prévios, chamados por Ausubel de conceitos subsunçores, servem como âncoras, na formação ou ampliação de conceitos, que possibilitam relacionar novas informações aos conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

Porém, quando não ocorre a assimilação de novas informações, ficando guardadas na mente, sem ligação com algo preestabelecido, Ausubel chama de Aprendizagem Mecânica. Quando se observa o atual contexto do ensino de Física, percebemos que várias escolas não permitem ao aluno aprender significativamente. O método expositivo de aula, aquele cujo o aluno apenas recebe passivamente as novas informações, as quais não o oportunizam resgatar e realizar novas conexões cognitivas, conduzem à ocorrência da aprendizagem mecânica. Desse modo, o estudante, na maioria das vezes, não consegue relacionar o novo conteúdo a ser apreendido a um conceito subsumo e, por consequência, aprende mecanicamente (AUSUBEL, 1963).

Para tanto, a TAS foi desenvolvida pelo estadunidense, e propôs que se mudasse, também, a didática expositiva, para que o aluno não seja um hospedeiro de informações que não se ligam a nenhum conhecimento prévio (AUSUBEL, 1963).

Conforme Ausubel, há três tipos de aprendizagem significativa. A primária é conhecida como aprendizagem representacional. Ela é comumente observada quando se relaciona uma palavra, presente na estrutura cognitiva, à sua representação concreta. Como exemplo a palavra “chuva” que representa o evento natural ocorrido na natureza. A Aprendizagem representacional é aquela que ocorre quando símbolos arbitrários passam a representar, em significado, determinados objetos ou eventos em uma relação única, quer dizer, o símbolo significa apenas o referente que representa. Esta correspondência se dá pelo fato de que a palavra representa um objeto em questão, mas não o contrário. O indivíduo somente aprenderá significativamente uma nova imagem não abstrata quando associar a ele um novo vocábulo que o represente (AUSUBEL, 1963).

O segundo tipo é a aprendizagem conceitual. Uma espécie de continuidade da representacional, que pretende generalizar o que a primeira especificou. A aprendizagem conceitual relaciona moradia, por exemplo, ao conceito de casa, apartamento e a todas as suas variações. Refere-se, portanto, à conceitos mais complexos e mais bem elaborados. Nesses casos os conceitos são também representados por símbolos particulares, porém são genéricos ou categóricos, ou seja, representam regularidades em eventos ou objetos (AUSUBEL, 1963).

O último tipo de aprendizagem é conhecido como proposicional, que é aquela na qual são utilizados grupos de palavras para dar significado a determinada circunstância, que dependem de aprendizagens anteriores. As aprendizagens representacional e conceitual são pré-requisito para a proposicional, mas o significado de uma proposição não é a soma dos significados dos conceitos e palavras nela envolvidos. Como exemplo desse tipo de aprendizagem pode ser citada a proposição: “Boas moradias são resistentes aos períodos de chuva”. Nesse caso a compreensão conjunta dos significados dos conceitos envolvidos é que possibilitará a compreensão do significado propositivo da expressão. Além disso, para Ausubel, as aprendizagens dos tipos “proposicional” e “conceitual” podem ocorrer de três formas:

- Subordinada (Subsunciva), quando um conceito é incorporado a uma estrutura maior e, neste caso, a nova ideia subordina-se às ideias pré-existentes mais gerais e abrangentes, e que podem ser do tipo derivativas ou correlativas. Se, por exemplo, o indivíduo tem relacionado em sua estrutura cognitiva o conceito de triângulo, ao aprender que o polígono pode ser classificado quanto a seus lados em isósceles, equilátero e escaleno, ele estará

ancorando as novas ideias ao conceito subsunçor triângulo, subordinando-as a ela (AUSUBEL, 1963).

- Superordenada, quando a nova proposição é relacionada a proposições subordinadas específicas relevantes existentes na estrutura cognitiva e passa a incluí-las. Por exemplo, quando o indivíduo aprende o conceito de números naturais e, em seguida o de inteiros, racionais, irracionais, reais e complexos, ele não está subordinando os conceitos aprendidos em sequência ao de números naturais, mas sim superordenando eles (AUSUBEL, 1963).

- Combinatória, quando a nova proposição, ou conceito, é adquirida, mas não é relacionada nem a proposições subordinadas ou superordenadas específicas, mas relaciona-se com antecedentes amplos de conteúdos existentes relevantes (AUSUBEL, 1963).

Para Ausubel é necessário que existam três condições para que a aprendizagem significativa possa acontecer. A primeira delas é referente à disposição do estudante em aprender. Já se iniciam as dificuldades por aqui. O papel do professor, nesse caso, é tornar o conteúdo atrativo, fazendo com que o estudante esteja predisposto a aprender, e são esses casos em que uma atividade experimental pode chamar a atenção do aluno em fazer algo diferente do tradicional (AUSUBEL, 1963).

A segunda condição é que o material usado deve ser potencialmente significativo, ou seja, deve possibilitar o resgate de conhecimentos prévios, bem como deve motivar o estudante pela aprendizagem. E, por fim, a terceira condição é que devem existir conceitos subsunçores em sua estrutura cognitiva, que sejam adequados para possibilitarem que ocorra a aprendizagem significativa.

Se o aluno apenas pretende memorizar o conteúdo e decorá-lo para a hora de prova, isso lhe proporciona apenas a aprendizagem mecânica, não a significativa. Entretanto, se houver uma didática facilitadora para a compreensão e assimilação dos conteúdos passados, que se interliguem com aqueles que já são pré-existentes no discente, estes sim serão aprendidos de maneira significativa. É neste contexto que se faz necessária a Atividade Experimental no Ensino de Física em sala de aula, que, como já mencionado na Sessão 2.1. *Abordagem experimental no Ensino da Física*, contribui com a construção de processos mais significativos e dinâmicos, colaborando com a desconstrução de percepções negativas sobre a disciplina de Física.

Na sessão a seguir, serão apresentados algumas das principais características das chamadas Sequências Didáticas, recurso que contribui efetivamente com a promoção de práticas e estratégias de ensino mais assertivas e interativas.

2.5. As Sequências Didáticas

David Ausubel (1982) afirma que a aprendizagem significativa ocorre somente quando o aluno é capaz de perceber que os conhecimentos escolares são úteis para sua vida fora da escola. Nesse sentido, é fundamental que os professores estejam sempre atentos e refletindo sobre como ajudar os alunos a compreenderem a importância dos saberes escolares e a maneira de aplicá-los na vida em sociedade. Para proporcionar a aprendizagem significativa, uma das estratégias é a sequência didática.

A sequência didática é um termo utilizado em educação para definir um procedimento encadeado de passos, ou etapas ligadas entre si para tornar mais eficiente o processo de aprendizado. As sequências didáticas são planejadas e desenvolvidas para a realização de determinados objetivos educacionais, com início e fim conhecidos tanto pelos professores, quanto pelos estudantes.

As sequências didáticas são instrumentos que podem nortear os professores na condução das aulas e no planejamento das intervenções. Além disso, os autores entendem que a sequência de atividades deve permitir a transformação gradual das capacidades iniciais dos alunos. As atividades podem ser concebidas com base no que os alunos já sabem e, a cada etapa, aumentar o grau de dificuldade, ampliando a capacidade desses estudantes. A Sequência Didática é uma estratégia de planejamento de aula muito utilizada no ensino de Ciências o que permite que o professor dê sentido aos conteúdos trabalhados em sala de aula. É através de seu uso que é possível se alcançar, por exemplo, a utilização de recursos experimentais no ensino de Física para uma maior articulação conceitual dos fenômenos, um ensino investigativo, com foco na problematização, uma melhor organização dos conteúdos e aplicação do conhecimento de maneira mais contextualizada.

Desta forma a organização articulada das atividades propostas na sequência didática foi o elemento diferenciador da nossa proposta, pois permitiu a elaboração de contextos de aprendizagem com a utilização de variadas estratégias didática. Vale ressaltar que na elaboração de tais atividades consideramos as características cognitivas dos alunos, a dimensão didática, a motivação para a aprendizagem, mas principalmente a significância do conhecimento a ser ensinado (ANDRADE et al, 2014).

Capítulo 3

Aspectos Teóricos da Termodinâmica

Nesta sessão, serão delineadas noções da Segunda Lei da Termodinâmica, caracterizando as principais escalas de temperatura (Kelvin, Celsius e Fahrenheit), bem como as relações que podem ser estabelecidas entre as mesmas. Além disso, discorreu-se sobre o conceito de Máquinas Térmicas e o Ciclo de Carnot.

3.1. Abordagem Histórica da Termodinâmica

O Século XVIII ficou marcado por importantes acontecimentos históricos, como, por exemplo, a derrocada do absolutismo na França, abrindo espaço à Revolução Francesa. À parte o que ocorria na França, na Inglaterra, a burguesia ascendia através de acordos comerciais com Portugal. Estes acordos renderam aos ingleses toneladas de metais preciosos, oriundos do Brasil, à época colônia portuguesa. Estes elementos foram totalmente favoráveis à Revolução Industrial, pois a burguesia inglesa tratou de substituir o regime agrícola, voltado à subsistência, para o comercial. Desta forma, vemos que o momento político do Século XVIII era propício à Revolução (REZENDE, 2021).

Comparado à Europa Ocidental, a Inglaterra encontrava-se atrasada em relação ao avanço científico, principalmente em Matemática e Física. Diferente dos ingleses, os franceses, afim de propiciar o crescimento econômico e defender-se de seus vizinhos, demonstravam maior apreço pelas atividades científicas. Então, por que os ingleses foram os pioneiros na Revolução Industrial? Simples, pelo fato da burguesia inglesa encontrar-se mais solidificada que a burguesia francesa, onde havia contínua luta pelo poder (REZENDE, 2021).

A industrialização crescia na Inglaterra a todo vapor. Isso gerou a necessidade de gerar fontes energéticas, sendo o carvão mineral a principal delas. A exploração desta fonte energética levou à criação e emprego de máquinas térmicas para retirar água das minas de carvão vegetal. Este contexto sociopolítico criou palco para que vários inventores dedicassem tempo à invenção de máquinas cada vez mais eficazes, cujo objetivo era ganhar dinheiro através de patentes pelo seu uso (REZENDE, 2021).

Em 1698, Thomas Savery, inspirado nos dispositivos de êmbolo-pistão elaborados por Denis Papin, em 1690, criou um equipamento para a retirada de água das minas. Podemos dizer que a máquina de Papin foi a primeira panela de pressão da história. Sua máquina

funcionava à base de um pistão que deslizava num cilindro, o qual estava integrado à máquina térmica. Era colocada uma certa quantidade de água no interior do cilindro, que entrava em estado de ebulição ao ser aquecida, fazendo com que o pistão subisse. Para o pistão voltar ao seu lugar de origem, resfriava-se o pistão. O movimento do pistão ocasionava no deslocamento da massa que se desejava levantar, conforme mostra a Figura 3.1. (REZENDE, 2021).



Figura 3.1 - Máquina Térmica de Papin

Fonte: NotaPositiva.Com (2019).

Para nossos dias, podemos dizer que a máquina de Savery era simples. No entanto, para sua época era algo inovador, pois ainda não havia nenhuma máquina que aproveitasse o vácuo. Há de se destacar que, embora para a época a máquina de Savery fosse inovadora, havia problemas a serem resolvidos como, por exemplo: funcionar em altas pressões, consumindo grandes quantidades de carvão, e um baixo rendimento, pois a maior parte da energia era utilizada para gerar o vapor (REZENDE, 2021).

Nesse contexto, necessitou-se de uma máquina mais eficaz, ou seja, o aperfeiçoamento da máquina de Savery. Este aperfeiçoamento veio pelas mãos de Thomas Newcomen, beneficiado por seu contexto sociocultural, que reduzia a pressão de 4 atm. para 0,14 atm. e instalou um sistema de válvulas móveis, de tal sorte que estas abriam e fechavam automaticamente, proporcionando mais segurança aos trabalhadores (REZENDE, 2021).

Em determinado momento, a máquina a vapor de Newcomen passou a não mais corresponder às expectativas sociais e comerciais de sua época. E é neste contexto que surgem as universidades como parceiras dos inventores, afim de corrigir os problemas nas máquinas,

unindo a técnica à prática, pois os inventores não sabiam necessariamente como funcionavam os fenômenos físicos envolvidos, dando ênfase à prática empírica (REZENDE, 2021).

A academia escocesa, que possuía maior liberdade e autonomia para trabalhar, se comparada as universidades inglesas, passou então a atrair a atenção de cientistas e inventores de outras regiões. Devemos ao professor de Físico-Química Joseph Black o ingresso, do então comerciante, James Watt ao universo acadêmico. Watt, que possuía o saber técnico, pois era construtor de instrumentos para a universidade, foi designado à função de concertar os equipamentos utilizados nas aulas experimentais, dos cursos de Engenharias (REZENDE, 2021).

Watt, neste momento, estava inserido à comunidade acadêmica de tal maneira que passou a participar das discussões que envolviam o funcionamento das máquinas térmicas. Neste período, Watt dedicou-se ao estudo sistematizado da natureza do calor, afastando-o do tecnicismo e aproximando-o cada vez mais do cientificismo. Foi neste período que James teve contato com a máquina criada por Newcomen e, assim, pôde melhorá-la, conseguindo a incrível façanha de aumentar sua potência cinco vezes mais e reduziu, de forma impressionante, em 75% o consumo de combustível (Vide Figura 3.2) (REZENDE, 2021).

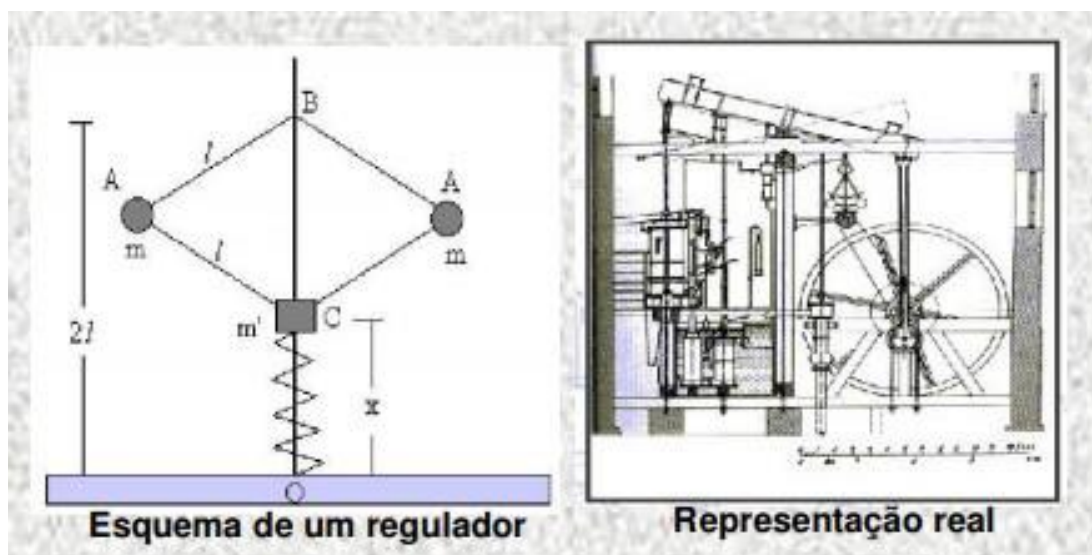


Figura 3.2 - Regulador centrífugo de James Watt

Fonte: Silva e Dantas (2005, [s.n.]).

A burguesia da época de Watt, vendo os significativos avanços da comunidade científica em relação à criação de máquinas, passou a investir em projetos similares ao de Watt. Esses progressos culminaram inclusive no progresso militar dos ingleses, que precisavam defender seus interesses políticos. As disputas por patentes levaram Richard

Trevithick-Pai e Richard Trevithick-Filho, que também eram inventores, a desenvolverem suas próprias máquinas. Trevithick-Filho reduziu o motor e acoplou rodas à máquina e inseriu dois recipientes: um para água fria e outro de carvão, o combustível da máquina. Podemos considerar esta máquina como um protótipo das locomotivas a vapor. O domínio da máquina térmica mudaria o curso da história da Inglaterra, colocando-a como potência mundial, tanto no campo industrial e militar, transformando a sociedade de manufatureira a industrial (REZENDE, 2021).

Este pano de fundo foi propício para o estudo acerca do calor. O engenheiro e militar Benjamin Thompson (1753-1814), graças a sua influência política, cria condições para o fortalecimento da Ciência na Inglaterra, implantando uma nova instituição: a *Royal Institution*, que fora composta por docentes escoceses, cuja tradição em Ciência era de formação sólida. Por questões políticas e pessoais, Thompson foi expulso de seu país, mudando-se para Baviera, que fica atualmente na Alemanha, onde recebera o Título de Conde, pelos trabalhos que prestara à produção armamentista. A primeira medida tomada por Thompson foi mudar seu nome para Conde de Rumford, em homenagem ao seu local de origem (REZENDE, 2021).

À época do Conde de Rumford, a teoria mais avançada do calor era a Teoria do Calórico, solidificada graças as observações realizadas em calorimetria. A Teoria do Calórico dizia que se dois corpos se encontram em contato e estão num mesmo sistema, com quantidades de calórico diferentes, trocariam calórico até atingirem a mesma quantidade de calórico, ou seja, o corpo com maior quantidade cederia ao corpo de menor quantidade, buscando o equilíbrio. Embora a Teoria do Calórico fosse bem aceita, ela não dava conta de explicar a Natureza do Calor e suas aplicações às máquinas térmicas (REZENDE, 2021). Rumford até tentou responder as questões que envolviam a teoria do calor, chegando a realizar alguns experimentos. No entanto, não obteve muito sucesso e não conseguiu respaldo da academia, onde propunha que o calor era oriundo do trabalho mecânico. Porém, a falta de descritores matemáticos dificultou a defesa de sua teoria (REZENDE, 2021).

O cenário político da época convergiu para uma disputa entre França e Inglaterra, que possuía uma marinha mais preparada e mais forte que seus adversários, pelo domínio político-econômico. Neste contexto, surge Léonard Sadi Carnot (1796-1832), que após assistir à derrocada francesa e o apogeu dos ingleses, dedica-se à compreensão do funcionamento das máquinas térmicas que, do seu ponto de vista, era a força motriz da política inglesa. Estes estudos deram origem as Reflexões sobre a Potência Motriz do Fogo (REZENDE, 2021).

As reflexões de Carnot propuseram grandes avanços à compreensão do funcionamento

das máquinas térmicas. Carnot contribuiu significativamente para o avanço da teoria do calor ao elucidar a necessidade de conceitos de reservatórios de calor, do tipo térmico, reversibilidade e a existência de um diferencial de temperatura, que exerceria trabalho no processo de interação com o calor. A teoria de Carnot não teve aceitação da comunidade científica francesa da época, isso por causa de sua linguagem não acadêmica. Cabe ressaltar que o trabalho de Carnot só veio ser reconhecido postumamente (REZENDE, 2021).

A Revolução Industrial modificava o panorama mundial. O acúmulo de capital e a desigualdade social tornava-se cada vez mais nítida, o que pode ser exemplificado pela exploração desenfreada do trabalho infantil. Na Inglaterra, coração da Revolução, via-se claramente que a atividade industrial enriquecia uma pequena parcela da sociedade em detrimento da desigualdade social. É neste contexto que várias famílias migraram do interior da Inglaterra para os grandes centros industriais, como, por exemplo, Manchester, cuja principal atividade econômica era a indústria têxtil. Uma destas famílias a imigrarem para os arredores de Manchester fora a família Joule, que vendera suas propriedades rurais e, assim, investiram os lucros numa cervejaria na região de Salford. A família Joule acumulou uma fortuna com a cervejaria e, também, com o implemento de máquinas térmicas (REZENDE, 2021).

Este ambiente influenciou James Prescott Joule (1818-1889) a estudar Ciência. Ele interessou-se inicialmente pelos fenômenos elétricos e magnéticos, direcionando seus esforços para compreensão do funcionamento mecânico das máquinas térmicas. Num outro contexto, totalmente diferente ao de Joule, o alemão Julius Robert Mayer passa a investigar de uma maneira nada convencional a natureza do calor. Mayer era médico e sua pesquisa voltou-se à investigação fisiológica a partir das teorias do calor. Mayer deu uma importante contribuição ao estudo do calor, estabelecendo que as energias, química e mecânica, convertem-se entre si, generalizando esta conversão para qualquer processo natural (REZENDE, 2021).

Enquanto isso, Joule, apoiado financeiramente por industriais, realizou vários experimentos afim de elucidar as relações existentes entre eletricidade e magnetismo, até então estudadas separadamente. Deste trabalho, ele descobriu o que atualmente conhecemos por Efeito Joule, que, de forma simplória, pode ser entendido como o aquecimento de um corpo que esteve submetido à uma certa quantidade de corrente elétrica. Michael Faraday (1791-1867) sugeriu a Joule que refizesse seu experimento em banho de mercúrio, em função deste elemento apresentar baixa capacidade calorífica na água (REZENDE, 2021).

A sugestão de Faraday foi muito importante para o progresso do trabalho de Joule, pois este aperfeiçoou seus experimentos e, com isso, chegou à Constante do Equivalente

Mecânico, a saber 4,154 J/Cal. Neste mesmo trabalho, Joule pode constatar as conversões de energia potencial em cinética, e esta última em calor. Ele, então, apresentou seus resultados à Academia de Ciência Inglesa e, devido o apoio de Willian Thomsom (Lord Kelvin), teve boa aceitação. James Joule passou então a publicar artigos acerca do equivalente mecânico em periódicos científicos de sua época (REZENDE, 2021).

Num outro contexto, Rudolf Julius Emmanuel Clausius (1822-1888), ao estudar os fenômenos envolvidos com calor, por meio dos trabalhos já publicados acerca deste assunto em sua época, matematizou o trabalho realizado pelas máquinas térmicas, mostrando que o processo é cíclico e, portanto, irreversível. Cabe ressaltar que quando Clausius iniciou seus estudos, já se tinha conhecimento do Princípio da Conservação de Energia. Porém, foi Lord Kelvin quem desenvolveu os aportes matemáticos necessários que sustentaram as teorias de irreversibilidade e dissipação do calor. Após um longo embate de ideias entre os dois cientistas, Clausius pôde compreender a diferença entre os processos reversíveis e irreversíveis (REZENDE, 2021).

Desta maneira, Clausius propôs a substituição do valor de equivalência que assumia cujo valor era positivo, pela entropia que passaria então a indicar as seguintes premissas: em qualquer transformação produzida num sistema isolado, a entropia do sistema nunca diminui, ou seja, ela aumenta ou permanece constante. Não há, portanto, nenhum sistema térmico perfeito, no qual todo o calor é convertido em trabalho, existe sempre uma determinada perda de energia. As bases da termodinâmica estavam consolidadas, dando origem as duas Leis da Termodinâmica, tais como as conhecemos (REZENDE, 2021).

Na próxima sessão, discutiremos sobre os conceitos de Temperatura e Equilíbrio Térmico, fundamentais na construção deste trabalho.

3.2. Temperatura e Equilíbrio térmico

O termômetro é um dispositivo utilizado afim de aferir a variação de temperatura de um corpo. Para tanto, é necessário que este dispositivo esteja calibrado segundo uma escala termométrica. A escala termométrica, por sua vez, é composta por dois valores (máximo e mínimo), atribuídos arbitrariamente, geralmente para os pontos de fusão e ebulição da água. O primeiro protótipo de um termômetro foi desenvolvido pelo físico italiano Galileu Galilei (1564-1642), durante o renascimento científico, mais precisamente em 1592. O primeiro “termômetro”, o de Galileu, ficou conhecido como Termoscópio. No entanto, o Termoscópio não possuía uma escala, não sendo possível quantificar a variação ou aferição de temperatura

(REZENDE, 2021).

Construir uma escala termométrica é algo trivial. Com os progressos alcançados em Termologia, durante o Século XVIII, e o advento da Revolução Industrial, que muito incentivava as invenções, existiam cerca de 40 escalas em uso no mundo daquela época. No entanto, atualmente, por questões de praticidade, apenas três escalas continuam sendo utilizadas, são elas: Celsius, Fahrenheit e Kelvin (SILVA JÚNIOR, [s.d.]).

3.2.1 Escala Celsius

A maior parte dos países que compõem o globo utilizam a escala criada pelo inventor sueco Anders Celsius, no Século XVIII, como escala termométrica oficial. Celsius utilizou dois valores para representar o ponto de fusão e ebulição da água, 0 e 100, respectivamente. Por isso, ficou conhecida como escala centígrada, por possuir cem divisões iguais. O fato do fenômeno de fusão e ebulição da água ser universal contribuiu para a adoção desta escala universalmente (SILVA JÚNIOR, [s.d.]).

3.2.2 Escala Fahrenheit

Criada em 1724, pelo alemão Daniel Fahrenheit, com base em dois valores da temperatura da cidade de Copenhague, para o frio mais intenso e uma temperatura mais elevada, essa escala é mais usada pelos países que outrora foram colonizados pelos ingleses, restringindo-se a poucos países, como, por exemplo, Estados Unidos da América (EUA) e Belize. Há uma teoria que afirma que Fahrenheit adotou 0° para uma medida do ponto em que partes iguais de sal e gelo misturadas se fundem, estabelecendo 96° como a temperatura do sangue (SILVA JÚNIOR, [s.d.]). Uma curiosidade acerca do uso da escala Fahrenheit pelos EUA e outros países europeus se deve ao fato destas regiões atingirem baixíssimas temperaturas. Como os pontos desta escala varia de 32 a 212, para os pontos de fusão e ebulição da água, respectivamente, dificilmente mede-se temperaturas abaixo de zero nesta escala (SILVA JÚNIOR, [s.d.]).

Tratando-se do uso científico, a escala Fahrenheit possui a mesma variação da escala Rankine, que, por sua vez, possui uma correlação com a escala Kelvin. Fahrenheit foi um dos pioneiros a utilizar mercúrio na confecção de seus termômetros, conseguindo bons resultados. No entanto, diferentemente de Celsius, sua escala não é centígrada, pois possui 180 divisões (SILVA JÚNIOR, [s.d.]).

3.2.3 Escala Kelvin

William Thomson (1824-1907), chamado de Lord Kelvin), propôs em 1848 a escala absoluta, a qual não possui valores negativos. A escala absoluta foi desenvolvida a partir do movimento mínimo das partículas e moléculas, onde o zero absoluto corresponde a $-273,15^{\circ}\text{C}$. Para este valor, Kelvin atribuiu o valor zero (0K), de modo que o ponto de fusão da água ficou como 273,15 K e o ponto de ebulição ficou como 373,15 K. Por determinação do Sistema Internacional de Unidades (SI), a escala Kelvin não leva o símbolo ($^{\circ}$). Assim como a escala Celsius, a escala Kelvin, por apresentar 100 intervalos entre os pontos de fusão e ebulição, também é uma escala centígrada (SILVA JÚNIOR, [s.d.]).

3.2.4 Relação matemática entre as escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin

Por questões de praticidade e facilidade nos cálculos, utilizaremos os valores aproximados para os pontos de fusão e ebulição da água para a escala Kelvin. Vejamos abaixo a comparação entre as três escalas supracitadas (Figura 3.3):

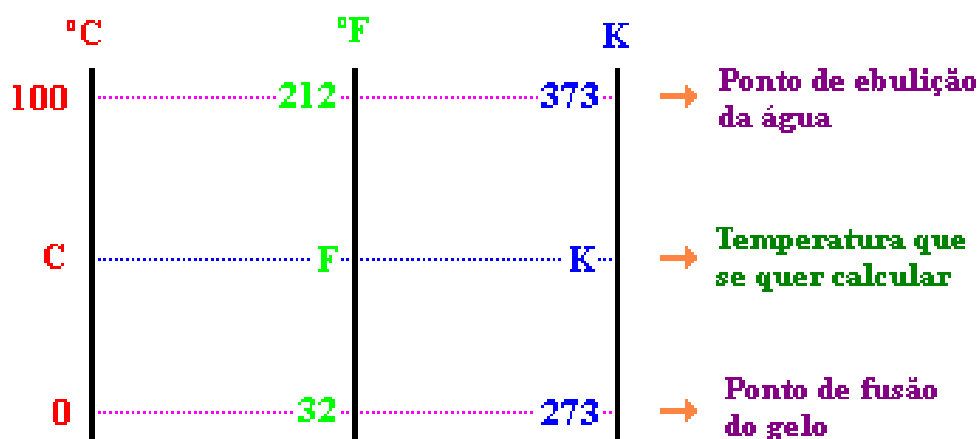


Figura 3.3 - Diagramas comparativos das escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin

Fonte: o autor (2022).

De acordo com a Figura 3.3, as relações geométricas entre as três escalas acima podem ser formuladas da seguinte forma:

$$\frac{\theta_c - 0}{100 - 0} = \frac{\theta_F - 32}{212 - 32} = \frac{\theta_K - 273}{373 - 273}$$

$$\frac{\theta_c}{100} = \frac{\theta_F - 32}{180} = \frac{\theta_K - 273}{100}$$

$$\frac{\theta_c}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} = \frac{\theta_K - 273}{5} \quad (1)$$

Assim, também podemos inferir que:

$$\Delta\theta_c = \Delta\theta_K \text{ e } \Delta\theta_F = 1,8\Delta\theta_c = \Delta\theta_K \quad (2)$$

3.2.5. Capacidade Térmica

Primeiramente, vamos definir qualitativa e quantitativamente uma importante grandeza termodinâmica, que em geral é quem procuramos obter nas transições de estados termodinâmicos, o “calor”. Ao falarmos de temperatura anteriormente, citamos duas importantes características do calor sem, no entanto, defini-lo. Foi dito que: i) O calor é uma forma de transferência de energia; ii) Essa transferência de calor se dá do corpo mais quente para o mais frio, cuja temperatura é mais baixa (MAGALHÃES; FERNANDES; FERREIRA, 2009). Sendo assim, temos:

Calor é uma quantidade física ou termodinâmica que, na ausência de trabalho, escoar espontaneamente entre dois corpos que não estão em equilíbrio térmico, do corpo de temperatura mais alta para o de temperatura mais baixa. Essa transferência de energia altera propriedades físicas e químicas desses corpos, levando-os ao equilíbrio térmico, i.e., no regime onde eles apresentam a mesma temperatura (MAGALHÃES; FERNANDES; FERREIRA, 2009, p. 04).

Do ponto de vista experimental, esta definição é muito vaga e de muita pouca aplicabilidade para a determinação do calor trocado entre dois corpos. Sendo assim, trata-se de uma definição de cunho qualitativo. Embora ela tenha pouca utilidade prática, ela nos dá um norte das consequências e características dos processos termodinâmicos que envolvem troca de calor e, mais do que isso, apresenta um progresso no conceito científico desta grandeza se comparado ao significado empregado no senso comum (MAGALHÃES; FERNANDES; FERREIRA, 2009).

A experiência nos mostra que a quantidade de calor, aqui designada pela letra Q, é diretamente proporcional ao produto da massa da substância pela variação de temperatura (ΔT). A experiência nos mostra também que as trocas de calor variam de acordo com o material utilizado, denominado de Calor Específico (c). A partir disso, podemos definir a Quantidade de Calor matematicamente como (MAGALHÃES; FERNANDES; FERREIRA, 2009):

$$Q_p = \bar{c}_p m \Delta T = \bar{c}_p m (T_f - T_i) \quad (3)$$

ou, analogamente,

$$Q_p = \bar{c}_{p,m} n \Delta T = \bar{c}_p n (T_f - T_i) \quad (4)$$

O índice p refere-se à troca de calor sob pressão constante, onde \bar{c}_p e $\bar{c}_{p,m}$ são as constantes de proporcionalidade entre o calor e o produto da massa (m) ou da quantidade de matéria (n) da variação da temperatura sofrida pelo sistema. Na Equação 4, \bar{c}_p é a capacidade calorífica específica média à pressão constante e $\bar{c}_{p,m}$ é denominada de capacidade calorífica molar média à pressão constante. Embora tenhamos utilizado os termos calorífica para designar estas propriedades físicas, é mais razoável utilizar o termo “térmica”, pois ao utilizarmos a palavra calorífica pode criar a impressão equivocada de que o calor é uma propriedade intrínseca ao sistema. E esta impressão está totalmente errada, pois o calor não é uma propriedade de estado e sim um fenômeno físico que depende diretamente do caminho e não do estado. Por questões didáticas, no ensino básico, estas constantes são denominadas de Capacidade Térmica ou Capacidade Calorífica. No entanto, é necessário que se saiba exatamente a qual Capacidade Térmica estamos nos referindo, pois há várias capacidades térmicas específicas ou molares para uma mesma substância ou sistema. Cada substância pura ou sistema possui uma capacidade térmica específica (MAGALHÃES; FERNANDES; FERREIRA, 2009).

Ao relacionarmos as Equações 3 e 4, dividindo uma pela outra, chegamos à seguinte relação (MAGALHÃES; FERNANDES; FERREIRA, 2009):

$$\bar{c}_{p,m} = C_p M \quad (5)$$

onde M é a massa molar da substância estudada.

Pode-se inferir das Equações 3 e 4 que as capacidades térmicas médias específicas e molares, à pressão constante, são dadas por (MAGALHÃES; FERNANDES; FERREIRA, 2009):

$$\bar{c}_{p,m} = C_p M \quad (6)$$

$$\bar{C}_p = \frac{Q_p}{m \Delta T} \quad (7)$$

$$\bar{C}_p = \frac{Q_p}{m \Delta T} \quad (8)$$

Equação 6 = Equação 5 / Equação 7 = Equação 8 !?

O produto da massa pela Capacidade Térmica Específica Média na Equação 5 e o produto da quantidade de matéria pela Capacidade Térmica Molar Média na Equação 4 são ambas iguais à capacidade térmica média à pressão constante do sistema, C_p , onde o C agora está escrito em letra maiúscula. Assim, a Capacidade Térmica Média, à Pressão Constante, do sistema é igual à Quantidade de Calor necessária para variar toda a matéria do sistema de um grau Celsius, conforme o experimento realizado por Joule. Matematicamente, temos (MAGALHÃES; FERNANDES; FERREIRA, 2009):

$$\bar{C}_p = m\bar{c}_p = n\bar{c}_{p,m} \quad (9)$$

Ainda, das equações iniciais (Equações 3 e 4), pode-se concluir que (MAGALHÃES; FERNANDES; FERREIRA, 2009):

$$Q_p = C_p\Delta T = \bar{C}_p(T_f - T_i) \quad (10)$$

3.2.6. Máquinas Térmicas

O primeiro registro que se tem de uma máquina térmica, na história, é a máquina de Herão de Alexandria, do século primeiro da era cristã (Século I). De forma simplificada, podemos definir Máquina Térmica como um dispositivo que opera em ciclos convertendo calor em trabalho útil, necessitando de dois reservatórios térmicos (quente e frio) e de um fluido de trabalho. Em uma máquina térmica, o interesse é usar o 'sistema termodinâmico' como uma ferramenta para extrair trabalho útil. Por isso, é mais útil usarmos a ideia de trabalho realizado pelo sistema, ao invés do trabalho realizado sobre o sistema. Neste caso (SOUZA, 2017):

$$W^{pelo} = -W^{sobre} = + \int Pdv \quad (11)$$

onde W^{pelo} é o trabalho realizado pelo sistema e W^{sobre} o trabalho realizado sobre o sistema. De acordo com a Equação 11, pode-se concluir que:

Compressão: $W^{sobre} > 0$ e $W^{pelo} < 0$ (energia sai do sistema);

Expansão: $W^{sobre} < 0$ e $W^{pelo} > 0$ (energia entra do sistema).

Com essa convenção para o sinal do trabalho W, pode-se enunciar a Primeira Lei da Termodinâmica como (SOUZA, 2017):

$$Q = W^{pelo} + \Delta E^{térmico} \quad (12)$$

onde.... (qual o significado de cada termo na Equação acima?) Cabe ressaltar que não mudamos a convenção para o sinal de Q . Logo, para: i) $Q > 0$ – entrada de energia; ii) $Q < 0$ - saída de energia. Assim, concluímos que o calor que entra em um sistema pode ir parar em dois lugares: ou sai na forma de trabalho ou aumenta a sua energia térmica (SOUZA, 2017).

Para uma expansão isotérmica, ou seja, à temperatura constante, temos que:

$$Q = W^{pelo} > 0 \text{ e } \Delta E^{térmico} = 0 \quad (13)$$

Em um sistema cíclico², a variação de energia interna é dada por:

$$\Delta E^{térmico} = 0 \quad (14)$$

e, conseqüentemente,

$$Q^{ciclo} = W^{pelo} = W^{útil} \quad (15)$$

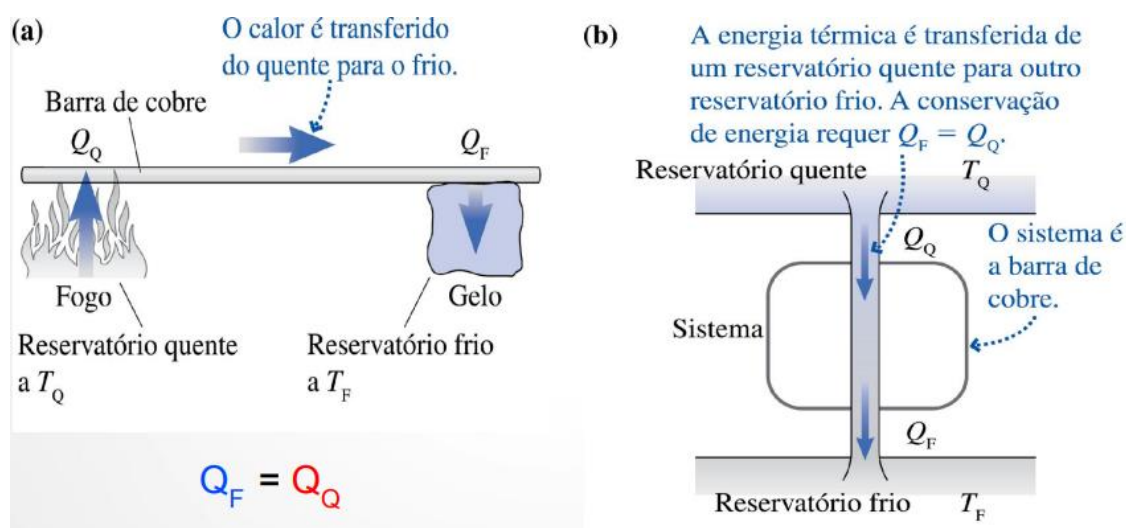


Figura 3.4 - Diagramas de transferência de energia

Fonte: Silva e Dantas (2005, n.p).

De acordo com a Figura 3.4, Q_F é o módulo da energia transferida na forma de calor de/para um reservatório frio e Q_Q é o módulo da energia transferida na forma de calor de/para um reservatório quente.

² Chamamos de transformação cíclica todo conjunto de transformações termodinâmicas que têm como estado final o próprio estado inicial, ou seja, uma transformação na qual voltamos para o estado inicial ao encerrarmos o processo (SANTOS, [s/d]).

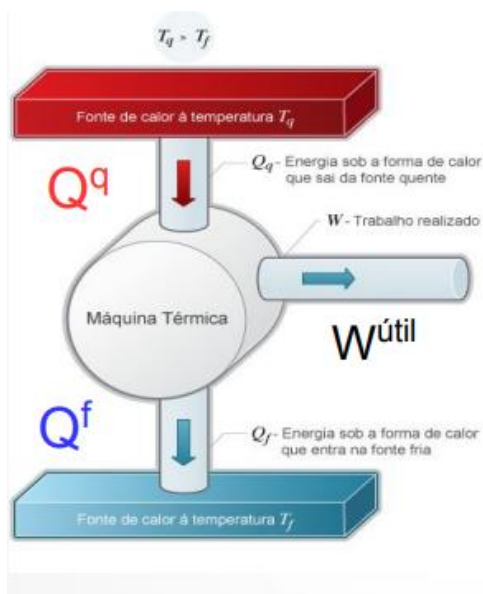


Figura 3.5 - Diagrama do funcionamento de uma máquina térmica

Fonte: E-escola (2009).

Na Figura 3.5, Q_q é o módulo do calor trocado com o reservatório quente e Q_f o módulo do calor trocado com reservatório frio. Pela Primeira Lei da Termodinâmica, temos que:

$$W^{útil} = Q^q - Q^f \quad (16)$$

Assim, o rendimento térmico é dado pela seguinte expressão (MÁQUINAS TÉRMICAS, 2017):

$$\eta = \frac{W^{útil}}{Q^q} = 1 - \frac{Q^f}{Q^q} \quad (17)$$

De acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, não existem máquinas térmicas perfeitas! Assim, obrigatoriamente $\eta < 1$. Outra grandeza importante é o Coeficiente de Desempenho³, dado por (SOUZA, 2017):

$$K = \frac{Q^f}{W^{útil}} \quad (18)$$

E, pela Segunda Lei da Termodinâmica, concluímos que:

$$K = \frac{Q^f}{W^{útil}} < \infty \quad (19)$$

³ O COP é a proporção do calor adicionado ao sistema (reservatório quente). Usando a primeira lei da termodinâmica, defina COP também como o calor removido do reservatório frio, mais o trabalho de entrada no trabalho de entrada (CONNOR, 2019).

3.3. Teoria de Carnot

A investigação da teoria do calor antes do surgimento da termodinâmica compreendeu a busca de leis relacionadas ao comportamento térmico dos corpos, como a expansão adiabática e térmica dos gases, e a determinação do calor específico das substâncias (FOX, 1971). A produção de trabalho mecânico foi um assunto pouco abordado no ponto de vista teórico, apesar de ser bastante evidente que um gás realiza trabalho em expansão e que a máquina a vapor, que produz trabalho mecânico a partir do calor, já havia sido inventado e desenvolvido desde o início do século XVIII (CARDWELL, 1971).

Uma exceção notável foi Carnot que publicou em 1824 um livro sobre o assunto, intitulado *Réflexionssur la Power Motrice du Feu* (CARNOT, 1824), isto é, Reflexões Sobre o Trabalho Mecânico produzido pelo calor. Ele foi seguido neste assunto por Clapeyron, que publicou em 1834 um livro de memórias onde apresentou as ideias de Carnot em forma analítica pelo uso do diagrama pressão-volume, um expediente conveniente, uma vez que o trabalho é identificado como uma área neste diagrama. (CLAPEYRON, 1834). As publicações de Carnot e Clapeyron, que se revelaram relevantes para o desenvolvimento da termodinâmica, receberam pouca atenção (MENDOZA, 1960), mas foram finalmente reconhecidos e apreciados por Kelvin em 1848 e por Clausius em 1850.

A relação entre trabalho mecânico e calor foi abordada por Carnot dentro da teoria do calor predominante em sua época, a teoria calórica, que reconhece o calor como um fluido material denominado calórico. De acordo com Poisson (1835), o calórico é uma substância material imponderável contida em cada parte de um corpo que passa de um corpo a outro sem ser aniquilada ou criada. A conservação do calórico em processos térmicos foi expressa como uma lei por Lavoisier e Laplace em suas memórias sobre o calor, como segue:

Proposição 1: A quantidade de calor livre sempre permanece a mesma na simples mistura de corpos.

Além da conservação do calórico, que Carnot considerava natural, ele fundamentava sua teoria em uma regra fundamental sobre o comportamento do calórico. De acordo com esta regra (CARNOT, 1824),

Proposição 2: O calórico flui de forma a restabelecer o equilíbrio, passando de um corpo quente para um corpo frio.

O equilíbrio do calórico é alcançado quando as temperaturas dos corpos se igualam. A produção do trabalho em uma máquina de calor, explica Carnot, se deve ao transporte do calórico de um corpo quente para um corpo frio, e não ao seu consumo. Uma consequência

dessa regra fundamental é que uma condição necessária para a produção de trabalho por uma máquina de calor é a existência de corpos em temperaturas distintas induzindo um fluxo de calórico. O fluxo calórico, responsável pela produção de trabalho mecânico, foi explicado por Carnot de maneira engenhosa, como veremos na Sessão 3.2.1 O Ciclo de Carnot. (CARNOT, 1824).

Uma observação acurada de Carnot a respeito do funcionamento de uma máquina de calor é seu funcionamento cíclico. O agente que produz obras, que pode ser um gás, um vapor ou qualquer outra substância suscetível a variações de volume, opera em um ciclo, absorvendo calor de um reservatório a uma temperatura mais elevada e entregando calor a um reservatório a uma temperatura inferior. Carnot faz uso de um ciclo específico, composto por quatro etapas sucessivas. (MENDOZA, 1935).

Na primeira etapa, o agente de trabalho sofre uma expansão isotérmica – expansão de um gás em temperatura constante -, enquanto está em contato com um reservatório de calor a uma temperatura θ_1 (THOMSON, 1853). Na segunda, mantido isolado, o agente de trabalho sofre uma expansão de volume e uma conseqüente queda de temperatura. (SOMMERFELD, 1956). Na terceira, o agente de trabalho sofre uma compressão isotérmica enquanto está em contato com um reservatório de calor a uma temperatura θ_2 menor que θ_1 (LIEB, 1999). No último estágio (ou quarta etapa), o agente de trabalho isolado sofre uma contração de volume e um conseqüente aumento de temperatura (CARNOT, 1824).

Carnot pergunta sobre a condição para o trabalho máximo que se pode extrair de uma máquina de calor em relação a uma dada quantidade de calor. Isso deve ocorrer se alguma mudança na temperatura do agente de trabalho for acompanhada pela alteração de seu volume, e uma conseqüente produção de trabalho. Caso isso não aconteça, o fluxo do calórico, devido à diferença de temperaturas, não produziria trabalho e seria um restabelecimento inútil do equilíbrio do calórico, ou seja, uma passagem direta do calórico do quente para o frio corpo sem qualquer outro efeito. Para evitar a passagem direta do calórico, o agente ativo não deve estar em contato com nenhum outro corpo (CARNOT, 1824).

Cada etapa do ciclo é realizada de forma que o agente ativo passa por um processo de equilíbrio. Este entendimento está implícito na apresentação de Clapeyron do ciclo de Carnot devido ao seu uso do diagrama de pressão-volume. Qualquer ponto deste diagrama é entendido como um estado de equilíbrio e uma trajetória traçada sobre ele é entendida como uma sequência de estados de equilíbrio, ou seja, um processo de equilíbrio (CARNOT, 1824).

A seguir, Carnot argumenta que o trabalho não depende da substância do agente de trabalho. Este princípio fundamental é expresso por Carnot da seguinte forma (Carnot, 1824):

Proposição 3: A força motriz do calor é independente dos agentes usados para realizá-la; sua quantidade é fixada unicamente pelas temperaturas dos corpos entre os quais, finalmente, é efetuado o transporte do calórico.

Considerando o exposto acima, para explicar como o trabalho é realmente gerado em uma máquina de calor operando de acordo com seu ciclo, Carnot faz uma analogia surpreendente e notável com um sistema mecânico. Quando uma carga desce de uma determinada altura para uma altura inferior, ela executa uma quantidade de trabalho que é proporcional à massa da carga e à diferença de alturas. Assim, quando uma certa quantidade de calor q "desce" de uma alta temperatura θ_1 para uma baixa temperatura θ_2 , o agente de trabalho realiza um trabalho mecânico w que é proporcional a q e à diferença de temperaturas $\theta_1 - \theta_2$. De acordo com o princípio fundamental (Proposição 3), w não depende da substância do agente de trabalho. Carnot não diz explicitamente, mas a motivação para seu princípio fundamental pode ser o resultado da analogia com o sistema mecânico para o qual o trabalho depende da massa da carga, mas não da substância da carga (FÍSICA, 2020).

Segundo Carnot (1824), para uma dada diferença de temperatura, o trabalho é menor em altas temperaturas e maior em baixas temperaturas, de modo que a dependência das temperaturas é mais complexa do que apenas ser proporcional à diferença de temperaturas. Se denotarmos por $f(\theta_1, \theta_2)$ a função das temperaturas que descreve esta dependência, então podemos escrever:

$$\frac{w}{q} = f(\theta_1, \theta_2) \quad (20)$$

Essa equação, válida para um ciclo de Carnot, complementada pela afirmação de que a função f é universal, ou seja, não depende da substância do corpo submetida ao ciclo de Carnot, é a expressão do princípio fundamental de Carnot. Observe que a proporção no lado esquerdo da equação é a eficiência de um motor operando de acordo com um ciclo (FÍSICA, 2020).

3.3.1 O Ciclo de Carnot

O Ciclo de Carnot é um ciclo reversível constituído por dois processos isotérmicos e dois processos adiabáticos, conforme ilustra a Figura 3.6. O processo apresentado, por questões didáticas, trata-se de uma amostra de gás ideal. No entanto, pela Segunda Lei da Termodinâmica, sabemos que os gases reais também podem ser levados ao Ciclo de Carnot.

Figura 3.6 - Diagrama do Ciclo de Carnot para uma amostra de gás ideal.

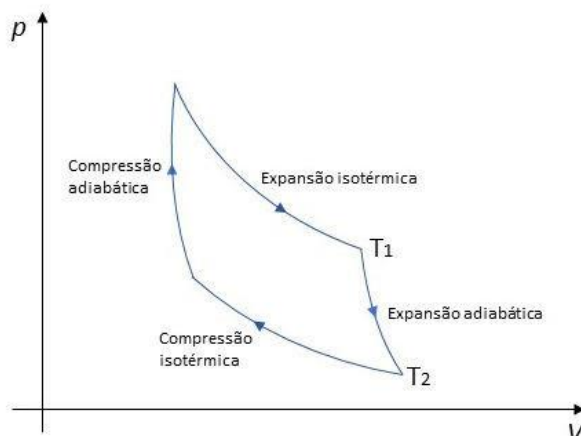


Figura 3.6 - Diagrama do Ciclo de Carnot para uma amostra de gás ideal.

Fonte: Gouveia (2022).

Como a energia interna é função de estado, para um ciclo completo devemos ter $\Delta U = 0$. Portanto, pela Primeira Lei da Termodinâmica:

$$W = Q \quad (21)$$

onde W é a quantidade de energia total associada ao trabalho do sistema sobre a vizinhança e Q é a quantidade de energia total associada ao calor da vizinhança para o sistema. De acordo com a Figura 3.6 (FÍSICA, 2020),

$$W_{total} = W_{isoterma I} + W_{adiabatica I} + W_{isoterma II} + W_{adiabatica II} \quad (20)$$

e

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (22)$$

Como dito anteriormente, estamos considerando este ciclo para um gás ideal. Assim sendo, considerando as temperaturas T_1 e T_2 dadas em Kelvin, temos que (FÍSICA, 2020):

$$\frac{T_2}{T_1} = -\frac{Q_2}{Q_1} \quad (23)$$

A exposição do Ciclo de Carnot teve como principal intuito contribuir com o processo de experimentação. Na sessão seguinte, serão apresentados os aspectos metodológicos que compuseram esse estudo.

Capítulo 4

Aspectos Metodológicos

Apresentaremos, neste capítulo, o aparato metodológico empregado na realização de todo processo de pesquisa. Em um primeiro momento, foram expostos os benefícios das atividades experimentais para o ensino de física. Mais à frente discorreu-se sobre o método exploratório e a abordagem qualitativa, basilares na construção deste estudo. Por conseguinte, tem-se as atividades práticas desenvolvidas e seus respectivos resultados.

4.1. Metodologia

Para este trabalho, escolhemos uma abordagem qualitativa, pois se mostra mais adequada à nossa pesquisa. Segundo Bogdan e Biklen (1994, p.47), há cinco características que delimitam uma investigação de natureza qualitativa. De acordo com esses autores, tais características são:

I – *A fonte direta de dados é o ambiente natural* – neste cenário, o pesquisador (professor) é o principal instrumento, pois o ambiente é permeado por conversas e relacionamentos interpessoais, o que torna complexo uma análise quantitativa. Neste sentido, é necessário que o professor tenha contato direto e suficiente com o ambiente onde se dá a pesquisa;

II – *A pesquisa é descritiva* – uma particularidade deste tipo de pesquisa é que o material adquirido é rico em detalhes. Os instrumentos de coleta de dados são vários, como, por exemplo, notas de campo, entrevistas e/ou depoimentos, fotos, desenhos e extratos de vários tipos de documentos. O professor deve estar atento a todos elementos inerentes à pesquisa, pois um aspecto aparentemente banal pode ser decisivo na compreensão do objeto de estudo;

III – *Uma característica importante da Pesquisa Qualitativa é que o foco está no processo*, ou seja, nas relações interpessoais, nos procedimentos e interações cotidianas. Não se preocupando muito com resultados e/ou produtos;

IV – Na Pesquisa Qualitativa, *o investigador não se orienta por uma hipótese previamente formulada e sim pela análise dos dados*. O pesquisador tem por objetivo entender o ambiente que o rodeia, onde os dados o conduzem a uma análise do abstrato;

V – Na Pesquisa Qualitativa, *é imprescindível a compreensão do significado*. O pesquisador não dá ênfase a dados quantitativos (gráficos e tabelas, por exemplo), nestes estudos busca-se apreender a “perspectiva dos participantes”, ou seja, a forma como os participantes veem as

questões que os envolvem. O professor participa ativamente das atividades, tendo acesso aos diferentes pontos de vistas dos alunos, as quais permitem melhor compreensão das situações, normalmente alheias àqueles que estão de fora.

Após a análise destas cinco características, observa-se que o enfoque da **Pesquisa Qualitativa** está na descrição e interpretação dos dados. A interpretação dos dados é de caráter imprescindível à Pesquisa Qualitativa, isto é, interpretação do ponto de vista de significados: significados do pesquisador e significados dos sujeitos.

Na Pesquisa Qualitativa, o pesquisador narra o desenvolvimento de sua pesquisa, interpretando os acontecimentos, valorizando a narrativa. Sua narrativa é composta de entrevistas e/ou depoimentos dos alunos, anotações de seu diário de campo, vídeos, intervalados de comentários interpretativos (MOREIRA, 2003).

Em síntese, o investigador interpretativo é partícipe, entregue a seu objeto de estudo, registrando tudo o que ocorre neste ambiente, para, assim, “compreender o processo mediante o qual as pessoas constroem significados e descrever em que consistem estes mesmos significados” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p.70).

Dentro das características qualitativa, visamos a compreensão das concepções espontâneas dos alunos do segundo ano do Ensino Médio no ensino de termodinâmica. Desta forma, a professora procurou atentar-se as relações interpessoais durante a pesquisa (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p.17). Em nosso trabalho, estas relações interpessoais observáveis foram os registros da professora por meio de vídeos e notas de campo. Nesse sentido, o desenvolvimento da pesquisa ocorreu da seguinte forma:

- 1) Conversa com a Coordenadora Pedagógica da Escola CEJA - Filostro Machado Carneiro, localizada em Caldas Novas, Goiás, acerca da possibilidade de implementação da pesquisa em física no ensino de termodinâmica;
 - 2) Conversa com os alunos sobre a proposta do projeto;
 - 3) Consulta ao currículo do Ensino Básico da Secretaria de Educação de Goiás (SEDUC-GO).
- A partir desta análise, montamos os quatro experimentos utilizados nesta pesquisa, a saber: termômetro caseiro, barquinho a vapor, máquina térmica e calorímetro caseiro.

4.2. Plano de ensino

Este plano de ensino tem como principal objetivo contribuir com a aprendizagem de conceitos físicos da Termodinâmica através de um processo de associação entre teoria e a realidade cotidiana dos estudantes. Devido à necessidade de distanciamento social para

combate à disseminação do vírus Covid-19, o processo se deu através do uso da ferramenta Classroom, que permitiu uma troca efetiva de saberes. Outras ferramentas como o Google Forms e o Google Meet também foram utilizadas. Essas ferramentas, além de mediar as atividades propostas, permitiram a recuperação de parte dos ritos cotidianos realizados presencialmente, como o diálogo entre os pares e a troca de experiências, permitindo assim que alunos e professora atuassem colaborativamente em prol da aquisição e socialização de conhecimentos.

Ao longo das 13,5 h/a (horas/aula), foram abordados os seguintes conteúdos: Observações específicas da Primeira Lei da Termodinâmica; Verificação dos conhecimentos prévios dos alunos; Transmissão do calor gerando movimento; Aplicação da Termodinâmica na criação de máquinas térmicas. A abordagem desses conteúdos se deu através do estabelecimento de relações entre os conceitos e a realidade cotidiana dos estudantes, coadunando com a noção do Ensino de Física enquanto instrumento de compreensão da realidade concreta. Para isso, recorreu-se aos pressupostos de autores como David Ausubel e Levy Vygotsky, no que tange a aquisição de novos conhecimentos e o desenvolvimento enquanto resultado de interações sociais. Nessa direção, as concepções prévias dos estudantes foram utilizadas enquanto canal de aprofundamento e ampliação do conhecimento.

4.2.1. Tema

Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Física para o Ensino Médio, especificamente a 2ª Série, abordando a Termodinâmica.

4.2.2. Apresentação

As aulas foram planejadas através de uma sequência didática voltada para os alunos da 2ª Série do Ensino Médio acerca da Primeira Lei da Termodinâmica, cuja ideia baseia-se na utilização do calor para a produção de movimento. A Primeira lei da Termodinâmica está correspondente ao Princípio da Conservação da Energia. Assim, o calor fornecido ou retirado (Q) de um sistema resultará na realização de trabalho (δ) e na variação da energia interna do sistema (ΔU). Desta forma, realizou-se uma sequência didática cujo público-alvo foi a turma do Segundo Ano do Ensino Médio, composta por 35 alunos Escola Estadual CEJA Filostro Machado Carneiro, situada na cidade de Caldas Novas, GO.

Embora as aulas tenham sido planejadas e aplicadas no contexto do ensino remoto, também é possível realizar sua aplicação no modelo presencial. Ademais, a Sequência de Aulas é apenas um conjunto amplo de direcionamentos, que podem ser submetidos a ajustes e alinhamentos a depender do contexto educacional, das necessidades dos estudantes, e das metas de aprendizagem traçadas previamente.

4.2.3. Justificativa do Tema

O Ensino de Física no Ensino Médio sofre uma distorção onde tanto os alunos como a própria sociedade possuem a ideia de que esta é uma área complexa, intangível ou pautada de elementos, fórmulas e cálculos incompreendidos. Assim, os moldes em que esta disciplina está alicerçada na Educação Básica não possui mais relevância para a aprendizagem concreta dos alunos.

As aulas são ministradas em sua maioria com a utilização de livros didáticos e aulas expositivas cansativas e redundantes, fugindo do entendimento prático que aguça a curiosidade e promove o saber de forma criativa e dinâmica. Baseado neste pressuposto, foi proposta a criação da presente sequência didática, enfatizando a termodinâmica como elemento facilitador da aprendizagem da Física na escola onde o estudante, de simples expectador, passa a ser protagonista de criações a partir de experimentos que utilizam elementos simples, fáceis de serem encontrados e que produzem conhecimento significativo com o entendimento sólido acerca da Termodinâmica.

A promoção dos experimentos, além de contribuir com a compreensão dos conceitos físicos, evidencia um conjunto de possibilidades de diversificação do Ensino de Física, em contextos escolares de escassez de recursos. Contudo, a simples abordagem dessas práticas por si só não assegura resultados positivos, sendo necessário que professores e alunos assumam novas posturas, marcadas pela colaboração e troca de experiências.

4.2.4. Objetivo Geral das aulas

Construir experimentos a partir do conteúdo Termodinâmica presente na disciplina Física no Segundo Ano do Ensino Médio.

4.2.4.1 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são: i) Compreender acerca da relação existente entre calor e movimento presente na termodinâmica capaz de transformar a energia térmica em energia de movimento; ii) Exemplificar os conceitos da termodinâmica a partir da evolução histórica dele; iii) Refletir sobre os elementos associados à termodinâmica presentes na sociedade atual.

4.2.4.2. Conteúdos

Observações específicas da Primeira Lei da Termodinâmica; Verificação dos conhecimentos prévios dos alunos; Transmissão do calor gerando movimento; Aplicação da termodinâmica no estudo de máquinas térmicas.

4.2.4.3. Desenvolvimento

Nesta sequência didática, serão propostas 09 aulas (Produto Educacional - Apêndice A), umas com duração de 50 minutos e outras com duração de 1 h e 40 minutos, totalizando 13,5 h/a., assim, serão apresentados conteúdos relacionados aos conceitos físicos da Termodinâmica, onde o aluno terá o momento de aprendizagem teórico-prático sobre questões que envolvem a Termodinâmica.

Devido ao contexto de aplicação da proposta (pandemia – ensino remoto), os direcionamentos das atividades foram encaminhados aos estudantes via Google Classroom, não sendo realizado qualquer acompanhamento presencial. Embora esse fator pudesse ter sido problemático, alguns pontos positivos foram constatados, especialmente com relação à manifestação da autonomia dos estudantes.

A cada aula ministrada na plataforma Google Classroom, foram apresentados conteúdos específicos, contribuindo para que cada aluno possa compreender, aplicar e resolver cálculos utilizando as fórmulas presentes da física sobre a termodinâmica.

4.3. Momentos

Este capítulo tem como principal intuito discorrer sobre os diferentes momentos teóricos e práticos que constituem o processo de intervenção proposta nesta pesquisa. Serão

descritos abaixo os oito momentos promovidos, bem como os conteúdos e procedimentos que os compõem.

4.3.1 Momento 1

O primeiro momento do processo de intervenção foi destinado à apresentação da pesquisadora à classe a partir de uma conversa informal com a turma do 2º Ano do Ensino Médio para exposição da proposta de trabalho. Após essa conversa, dialogou-se acerca da proposta para “fechamento de um contrato” com a turma, pois foi utilizado o espaço deles (a sala de aula) e, assim, foi imprescindível a participação, cooperação e aceitação dos alunos no desenvolvimento das atividades. Nesta aula, foram estabelecidos os critérios para a apresentação dos trabalhos por parte dos alunos: apresentar a História da Ciência envolvendo o experimento, os materiais e a montagem do experimento e, por fim, o conceito físico envolvido no experimento.

Após a apresentação da proposta, foi aplicado um questionário socioeconômico (Apêndice C) com o objetivo de averiguar acerca da vida social dos envolvidos. Os aspectos econômicos dos alunos também fizeram parte deste questionário. Os resultados, apresentados nas Figuras 6.1 a 6.6 do Capítulo 6, serviram de norte para o planejamento futuro das aulas expositivas.

4.3.2 Momento 2

Nessa fase, foi realizado o levantamento de concepções prévias significativas para a elaboração da proposta de trabalho do professor na dinâmica deste estudo. Esse processo se deu através da aplicação do Questionário II (Apêndice D), que visou identificar as concepções prévias dos alunos. Os dados obtidos constam nas Figuras 6.7 a 6.11.

Assim, o diagnóstico acerca do que o estudante conhecia ou não sobre o conteúdo trabalhado possibilitou ao professor ter noção quanto ao conhecimento dos alunos, para, posteriormente, realizar a aplicação do estudo e avaliação do conteúdo.

Conforme já discutido (Vide Sessão 2.4 – Teoria da Aprendizagem Significativa), a percepção acerca do que o aluno sabe ou não sabe acerca de um determinado conceito físico proporciona ao professor um norte necessário à explanação dos conceitos científicos no desenvolvimento das aulas de caráter teórico. Sendo assim, os dados obtidos através da

identificação das concepções espontâneas dos estudantes sobre o tema foram apresentados anteriormente no Capítulo 6 (Figuras 6.7 a 6.11).

4.3.3. Momento 3

Nesta etapa, foi trabalhada a parte teórica da Termodinâmica, que é a parte da Física que estuda as leis que regem as relações entre calor, trabalho e outras formas de energia, mais especificamente a transformação de um tipo de energia em outra, a disponibilidade de energia para a realização de trabalho e a direção das trocas de calor.

Conforme apresentado anteriormente (Cap. 3. Aspectos Teóricos da Termodinâmica), para o entendimento da Termodinâmica, alguns conceitos têm que estar bem estruturados na mente do professor. São eles: Temperatura - grau de agitação das moléculas; Calor - transferência de energia, na forma de calor, entre os corpos; Energia - capacidade de um corpo em realizar trabalho.

4.3.4. Momento 4

Aqui foi necessária uma aula prática com o propósito de fixar o conteúdo inicial trabalhado. Em seguida, foi apresentado (pelos alunos) o termômetro caseiro, onde foram trabalhados dois conceitos físicos importantes da Termodinâmica: Temperatura e Expansão Térmica. Logo após, discutiu-se a funcionalidade dos termômetros e as várias escalas termométricas existentes no decorrer da história.

4.3.5. Momento 5

Nas aulas seguintes, foram trabalhados dois dos principais conceitos da Termodinâmica: Temperatura e Expansão Térmica. As aulas foram desenvolvidas por meio de aulas expositivas e dialogadas, bem como com resolução de exercícios.

4.3.6. Momento 6

Esta fase do estudo concentrou em dividir as aulas práticas para melhor organização e estruturação das mesmas: 1 - Aula prática com a confecção e apresentação do barquinho a vapor (barquinho pop-pop). Juntamente com o experimento, foram trabalhados os conceitos

de pressão, a capacidade de um gás em realizar trabalho e os ciclos da Termodinâmica. Importante lembrar os conceitos de ação e reação (Terceira Lei de Newton) e discutir de que maneira a invenção dos barcos a vapor influenciaram no desenvolvimento da Revolução Industrial e quais consequências sociais elas implicaram; 2 - Aula de caráter prático com apresentação do experimento da Máquina Térmica. No experimento da máquina térmica, foi discutida a capacidade de o vapor realizar trabalho. É importante aqui fazer uma comparação entre o experimento apresentado e a Maria Fumaça.

4.3.7. *Momento 7*

No sétimo momento, houve o levantamento dos resultados alcançados com a exposição dos conceitos científicos e aulas práticas realizadas.

4.3.8. *Momento 8*

Aqui propôs-se uma roda de conversa para que os estudantes opinassem sobre o trabalho até então desenvolvido, em que o professor fez um *feedback* (Apêndice E) com pontos positivos e negativos, deixando bem claro que todas as críticas foram construtivas. Após o *feedback* do professor, foi sugerido aos alunos que relatassem se as atividades propostas facilitaram na compreensão dos conceitos de Termodinâmica e sua aplicação às nossas vidas. Nota-se que todos os momentos destinados ao trabalho de construção do experimento foram essenciais tanto do ponto de vista científico quanto educativo.

Nota-se que os oito momentos estão conectados entre si, o que se justifica pela importância de se promover processos que visem ampliar, de modo integral, o conhecimento dos conteúdos. Inicialmente, buscou-se identificar os conhecimentos prévios dos alunos tendo como base os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa. A partir desses dados foram elaboradas práticas direcionadas a suprir as principais necessidades formativas dos estudantes. Por conseguinte, buscou-se promover um momento de experimentação, o que tornou os conceitos trabalhados mais próximos da realidade dos estudantes.

4.3.9. *Momento 9*

Neste momento foi realizada a avaliação deste instrumento utilizado (Sequência

Didática) e Resultado Final. Através de duas aulas com duração de 50 minutos cada, buscou-se explicar sobre as aprendizagens dos alunos no que se refere à satisfação dos mesmos sobre os conteúdos abordados nesta sequência didática.

4.4. Descrição das atividades práticas

Este trabalho foi realizado com a turma regular do Segundo Ano 'A' do Ensino Médio da Escola CEJA – Filostro Machado Carneiro, a qual possuía 35 alunos, dividida em grupos de 8 e 9 componentes, conforme o combinado com a turma. Inicialmente, em 2019, tinha-se como intuito realizar todo o processo de pesquisa, intervenção e construção do produto educacional presencialmente. Contudo, com a chegada da pandemia da Covid-19 em 2020, alguns ajustes tiveram que ser realizados de modo a combater o contágio pelo vírus.

Nesse momento, deu-se início às atividades remotas, e escola ainda permaneceu em funcionamento para atender às necessidades de alguns alunos, que não possuíam os recursos necessários para participar das atividades online. Através do Google Meet, Google Forms e Google Classroom foram emitidos direcionamentos sobre as práticas e experimentos a serem realizados. Esses canais também eram utilizados para o atendimento individual e coletivo, e para retirada de dúvidas sobre os conteúdos da disciplina. Além disso, para evitar a evasão escolar e a infrequência, os alunos foram autorizados a utilizar o laboratório e os demais recursos da escola para desenvolverem os experimentos, e a partir disso, deveriam encaminhar os vídeos e fotos desses procedimentos para a professora via WhatsApp.

Em 2021, 30% dos estudantes retornaram à instituição e puderam participar presencialmente dos experimentos, enquanto os demais 70% permaneceram online. A partir de então, novas atividades foram realizadas, contudo, este produto educacional é composto apenas pelas práticas realizadas de forma integralmente remota. A escolha por esse recorte se justifica pela necessidade de se compreender os efeitos da aprendizagem dos diferentes estudantes em um mesmo contexto de instabilidade e inquietação. Cabe salientar que não foram elaborados roteiros para execução dos experimentos, visto que um dos principais objetivos foi incentivar os estudantes a aplicarem seus conhecimentos de forma colaborativa. A professora acompanhou todo o processo, proferindo dicas e direcionamentos para que os experimentos fossem exitosos.

A proposta do trabalho foi de os alunos montarem quatro experimentos relacionados com a Termodinâmica, sorteados entre os grupos, e apresenta-los em forma de seminário. Os critérios estabelecidos para a apresentação dos trabalhos por parte dos alunos foram: i)

apresentar a História da Ciência envolvendo o experimento, os materiais e a montagem do experimento; ii) por fim, o conceito físico envolvido no experimento. A definição desses critérios teve como principal intuito promover um processo interdisciplinar, que induzisse os educandos a acionar conhecimentos de outras áreas.

Antes da realização das atividades foi realizado um questionário com os alunos (Apêndice D – Concepções espontâneas acerca do tema). Este questionário teve como objetivo captar o conhecimento prévio dos alunos sobre os conceitos que viriam a ser estudados e suas percepções acerca da utilização da experimentação no aprendizado de física.

A pesquisa foi desenvolvida em nove aulas (Apêndice A – Produto Educacional). Da aula 1 a aula 4, o pesquisador acompanhou a turma para observar seu comportamento e, assim, analisar suas características. A aula 5 foi utilizada para separar os grupos e expor o material. Da aula 6 a aula 8, foram realizadas as apresentações dos trabalhos. E, por fim, na aula 09, houve uma roda de conversa com os alunos para que estes comentassem acerca do trabalho. Houve, também, o *feedback* do professor.

Durante a apresentação dos trabalhos, os grupos, juntamente com os demais alunos, discutiram os conceitos físicos da Termodinâmica trabalhados em sala de aula com auxílio do professor. Cada grupo teve uma aula (cinquenta minutos) para a apresentação do experimento e perguntas dos alunos. Na Figura 4.1, alguns alunos estão apresentando o experimento Termoscópio de Galileu. É importante salientar que a sala de aula foi reconfigurada para esta aula experimental. As Figuras 4.1 e 4.3 mostram os alunos apresentando os experimentos do Barquinho a Vapor e da Máquina Térmica.



Figura 4.1 - Execução e apresentação do Termoscópio de Galileu

Fonte: Arquivo pessoal do autor (2021).

No termômetro caseiro (Termoscópio de Galileu), conforme mostra a Figura 4.1, foram trabalhados dois conceitos importantes de Termodinâmica: Temperatura e Expansão

Térmica. Foram discutidas a funcionalidade dos termômetros e as várias escalas termométricas existentes no decorrer da história e, também, o porquê de nos termômetros utilizarem Mercúrio em seu interior.



Figura 4.2 - Execução e apresentação do Barquinho a Vapor

Fonte: Arquivo pessoal do autor (2021).

No experimento da Figura 4.2 foram trabalhados os conceitos de pressão, investigando, também, a capacidade de um gás em realizar trabalho e os ciclos da Termodinâmica. No experimento da máquina térmica (Figura 4.3), foram discutidos a capacidade de o vapor realizar trabalho. A partir disso, foram trabalhados os conceitos da História e Filosofia da Ciência.



Figura 4.3 - Execução e apresentação da Máquina Térmica

Fonte: Arquivo pessoal do autor (2021).

Já no experimento do Calorímetro (Figura 4.4), foram discutidos os conceitos envolvendo trocas de calor em um sistema termicamente isolado e, posteriormente, os alunos calcularam o Calor Específico de uma pequena peça de cobre, obtendo um valor consideravelmente razoável, comparado ao valor tabelado na literatura da área.



Figura 4.4 - Execução e apresentação do calorímetro caseiro

Fonte: Arquivo pessoal do autor (2021).

Após a explicação de cada trabalho, foi sugerido aos alunos que relatassem se as atividades propostas facilitaram na compreensão dos conceitos físicos da Termodinâmica e sua aplicação às nossas vidas. As respostas dadas pelos estudantes foram agrupadas em “sim”, “não” e “pouco”. Algumas respostas, que justificam a utilização do laboratório no estudo das concepções espontâneas no ensino de termodinâmica, estão apresentadas na Tabela 4.1.

ALUNO	RESPOSTA
01	“Sim, porque deu para entender melhor como funciona uma “máquina a vapor”.
02	“Sim. Ficou mais fácil, porque melhor ver como a Lei funciona do que só fazer contas e os conceitos. Com a experiência a física fica mais divertida”.

Tabela 4.1 – Respostas de alguns alunos acerca da compreensão e aplicação prática de conceitos físicos da Termodinâmica.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A partir destas duas afirmações (Tabela 4.1), podemos inferir que o estudante em física necessita participar ativamente do conhecimento construído, para que assim possa questionar o mundo que o rodeia (SERÉ et al., 2004. p.40). Ressaltamos a relevância de o aluno ter autonomia na aquisição do conhecimento, sendo tratado como participe deste processo e não como uma folha em branco a ser preenchida, como apregoa o método tradicional (conforme Sessão 2.4 Aprendizagem Significativa - Teoria).

A respeito da confecção dos experimentos, em especial o barquinho a vapor, a maioria dos alunos classificaram-na como muito boa e estimulante. Vejamos alguns relatos de alunos:

ALUNO	RESPOSTA
03	É preciso Fazer mais atividades assim”.
04	“Deveria ser feita em sala de aula”.
05	“Podemos fazer a construção de um barquinho maior, mas simples também e podemos fazer uma competição com premiação”.

Tabela 4.2 – Pareceres de alunos sobre a confecção dos experimentos, em especial o barquinho a vapor

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

É importante pontuar a participação e motivação dos alunos em todas as etapas das atividades propostas a partir destas atividades. Afim de estabelecer uma relação interdisciplinar e instigar o pensamento crítico da turma, foi-lhes questionado pelo professor de que maneira a Química interferia no funcionamento do barquinho. De maneira geral, podemos dizer que os alunos não souberam responder a esta questão, mas o questionamento os levou a uma discussão acerca do assunto. Tomando como exemplo, temos algumas respostas apresentadas pelos alunos (Tabela 4.3).

ALUNO	RESPOSTA
06	“O calor agita as moléculas da água, isso faz o barquinho andar”.
07	“Quando a latinha esquenta, ela esquenta a água que vira vapor e isso libera energia”.

Tabela 4.3 – Respostas dos alunos a questão “de que maneira a Química interferia no funcionamento do barquinho?”

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Fica claro que a interação entre estas duas disciplinas só fica perceptível ao aluno quando confrontada. Caso contrário, ele não relaciona vários saberes de forma autônoma. É necessário voltarmos nosso olhar para nossos currículos e prática docente, de tal sorte que as matérias não sejam trabalhadas de forma fragmentada, pois a interdisciplinaridade e o uso de experimentos são maneiras de relacionar o conhecimento, visando um novo olhar do aluno para aqueles conhecimentos antes abordados de maneira isolada (VIEIRA et al., 2013, p.01).

Para aferir a influência das atividades experimentais na compreensão dos conceitos de calor e temperatura e do funcionamento da máquina térmica, e a opinião dos educandos acerca das aulas práticas ministradas, foram analisados os dados coletados por meio dos questionários pré e pós-teste (Apêndice B).

A aplicação desses testes foi norteadada pelos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, ou seja, buscou-se identificar o grau de compreensão do conteúdo pelos alunos, de modo a explorar e expandir seus conhecimentos, posteriormente. Como

discutido no segundo capítulo desse estudo (2.4. A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel), a teoria em questão considera que a aprendizagem ocorre pela ancoragem de novos conceitos à estrutura cognitiva dos indivíduos, contudo, esse processo demanda um reconhecimento dos chamados conceitos subsunçores, que atuam como ancoras de novos dados e informações.

Para uma melhor análise dos dados coletados, categorizamos as repostas dadas pelos alunos e as organizamos em quadros, tendo como referências os modelos de categorização analítica (SILVA et al., 2005; BARDIN, 2011). De acordo com Bardin (2011), a técnica de Análise de Conteúdo (AC) refere-se à:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações, visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (BARDIN, 2011, p. 48).

Desta forma, nesta etapa de desenvolvimento do Produto Educacional, a avaliação foi desenvolvida de forma diagnóstica. Com relação a esse tipo de avaliação, Menezes (2001) aponta que sua realização deve ocorrer no início de um processo de aprendizagem, e sua função consiste na obtenção dos conhecimentos, aptidões e competência dos estudantes de acordo com as situações identificadas. Neste tipo de avaliação, o professor busca identificar o perfil do estudante, analisando suas necessidades para então realizar intervenções e adequações pedagógico/metodológicas.

4.4. O Ensino de Física x realidade dos alunos

A promoção de atividades significativas ainda é um ideal a ser alcançado por muitos professores e instituições, afinal, ainda é comum identificar aulas voltadas exclusivamente à assimilação do conteúdo, sem que qualquer vínculo seja estabelecido entre o que está sendo apresentado e a realidade cotidiana dos educandos. No entanto, é necessário considerar que o estudante, ao ingressar na escola, já está imbuído de valores, percepções e anseios, aspectos que devem ser considerados ao se planejar as estratégias de ensino.

O que se percebe é que tanto professores quanto pesquisadores na área de educação em Física negligenciaram esta questão, de tal sorte a preferir considerar as concepções prévias como erros que poderiam ser corrigidos por meio de ensino sistemático. Isso trouxe sérias consequências à prática docente no Ensino de Física, que passou a aplicar fórmulas a

problemas fechados, matematizando a Física. Foi dada pouca importância aos conceitos científicos, e, só em tempos recentes, os pesquisadores de Educação em Ciências, parecem ter tomado consciência dessas construções dos educandos sobre a realidade em que vivem.

É comum estudar conceitos de calor e temperatura na disciplina de Física no Ensino Médio. Contudo, segundo Pacca (1984, p.23) “[...] ao ocorrer a formalização destes e de outros conceitos de Termodinâmica nas aulas de física, eles se tornam um conjunto de regras e fórmulas matemáticas que permitem a solução de exercícios, mas não o entendimento real do fenômeno físico” (PACCA, 1984, p. 23). Sendo assim, ainda é possível identificar uma forte presença dos princípios educativos puramente tradicionais, que embora tenham contribuído potencialmente com o alcance do atual estágio de desenvolvimento do campo educativo, não mais suficientes para atender as demandas formativas da atual geração.

O que se sabe sobre isso é que a maioria dos alunos reclamam, dizem que física é muito difícil. Para os alunos do nível médio de ensino, estudar física restringe-se a decorar fórmulas, principalmente para os vestibulares, que continuam sendo, infelizmente, os norteadores das matrizes curriculares. Nesse sentido, pode-se afirmar que as frustrações provenientes de experiências ruins com a disciplina de Física geram efeitos a longo prazo, que em casos mais extremos pode desencadear altos índices de infrequência, e até mesmo a evasão do estudante.

De acordo com Pacca (1984, p. 23), estas duas teorias – científica e espontânea – coabitam as soluções dos problemas do dia-a-dia e das avaliações. Para Oliveira (2002, p.4), “dizer a um aluno que determinado saber ensinado na escola é mais confiável que outro, de caráter popular, não implica necessariamente ter que impor o primeiro mediante um argumento de autoridade”. Diante disso, é essencial que se procure, escolha e opte por atividades que possibilitem aprendizagens significativas, preterindo o ensino ou educação tradicional, onde se prioriza a qualidade, e a avaliação valoriza a memorização (SILVA; TAGLIATI, 2003). Não que o ensino tradicional não tenha seu papel na educação, sim tem. Porém, é importante que o professor tenha claro em sua mente o que quer passar a seus alunos, para, assim, escolher o melhor método.

Para Costa (2007), na Teoria Cognitiva de Bruner a aprendizagem implica quatro operações fundamentais: o saber e a sua transformação, a transmissão pelo professor, as operações mentais e a transferência pelo estudante. Neste processo de ensino-aprendizagem, estas operações, de um lado, paradigmática, de modelo lógico e matemático (aulas narrativas), se fundamentam à realidade dos alunos, vivida, compreendida e personificada por eles (GOUVEA et al, 2001). Diferentemente de Piaget, Bruner entende que o pensamento da

criança evolui com a linguagem e dela depende. Enquanto Jean Piaget diz que o desenvolvimento da linguagem e pensamento ocorrem paralelamente (MOREIRA, 1999).

Deste modo, tem-se o importante papel desempenhado pela linguagem, uma vez que ela torna a aprendizagem produtiva, que por meio da fala do docente, seja pela oralidade ou escrita, chega-se à representação simbólica e ao entendimento da realidade que cerca os alunos. Para Silva e Tagliati (2003, p. 03), “O certo é que quanto mais conhecimento sobre as propriedades e poderes da linguagem, mais devemos saber sobre usá-la para ajudar o raciocínio”. E Oliveira (2002, p. 04) afirma sobre a necessidade de “[...] colocar os diferentes saberes em debate, ouvir os argumentos do aluno, responder as próprias razões”.

4.5. Atividades desenvolvidas no Ambiente Virtual

A etapa de criação de aulas em ambiente virtual foi de suma importância para a aprendizagem e experimentação. Desta forma, o trabalho foi desenvolvido em sala de aula física equipada com um desktop (Figuras 4.5 e 4.6), e em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), que está alicerçado no sistema *Moodle*, onde utilizamos a plataforma do *Google Classroom*, criada pelo Google em 2014, com a finalidade de auxiliar professores e alunos por meio de um mural para postagens de atividades e um *chat* para manutenção do diálogo entre os membros da sala.

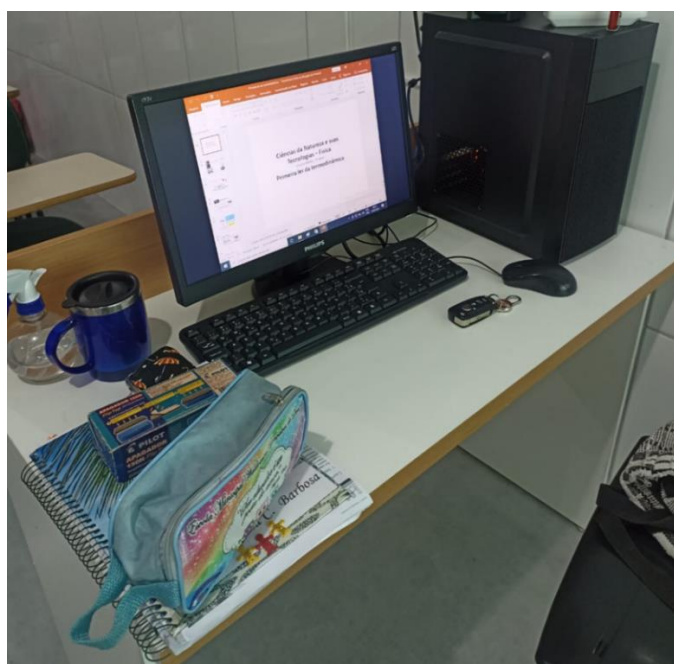


Figura 4.5 – Organização da sala para realização das atividades.

Fonte: Arquivo pessoal do autor (2021).

As aulas em ambiente virtual foram disponibilizadas à mesma turma do trabalho realizado presencialmente o que agregou valor à experiência, utilizando a tecnologia do AVA. Ao todo, foram 35 alunos do Segundo Ano A do Ensino Médio da Escola CEJA – Filostro Machado Carneiro utilizando o sistema virtual dentro da plataforma digital. Nesta fase do projeto, o objetivo foi utilizar o AVA como ferramenta auxiliadora à sala de aula, na busca de propor as mesmas atividades realizadas presencialmente.



Figura 4.6 – Organização da sala para realização das atividades

Fonte: Arquivo pessoal do autor (2021).

O principal objetivo desta ferramenta foi auxiliar no desenvolvimento de habilidades cognitivas dos alunos e, ainda que por meio de uma sala virtual, promovesse a relação social entre os estudantes, onde o professor, como indivíduo mais experiente, pode atuar como mediador das atividades educativas.

A pesquisa deu-se por meio da ferramenta digital e foi dividida em três etapas: 1) Os links de alguns canais no YouTube, com os experimentos que estaríamos trabalhando em sala de aula foram disponibilizados aos alunos; 2) Com o uso de um simulador online e gratuito na internet, foi possível manipular algumas variáveis da termodinâmica; 3) Os alunos apresentaram à turma seus experimentos, compartilhando-os por meio de uma sala virtual no Meet Google.

Desde que foram suspensas as atividades presenciais, em função da pandemia oriunda do novo Coronavírus (Covid-19), as atividades escolares foram desenvolvidas virtualmente, por meio da Google Meet, onde o discente precisa ter uma conta no Google (Gmail), para

poder ter acesso. Através do Google Classroom que, de forma simplificada, trata-se de uma sala de aula virtual, onde professor e aluno podem interagir de forma sistemática, mantendo a formalidade. A escolha destas plataformas deu-se por seu fácil acesso e manuseio, ambas intuitivas e bem didáticas, pois se trata de plataformas gratuitas. Destaca-se também o uso do PowerPoint, que permite a produção de slides de diferentes formas e designs (Figura 4.7).

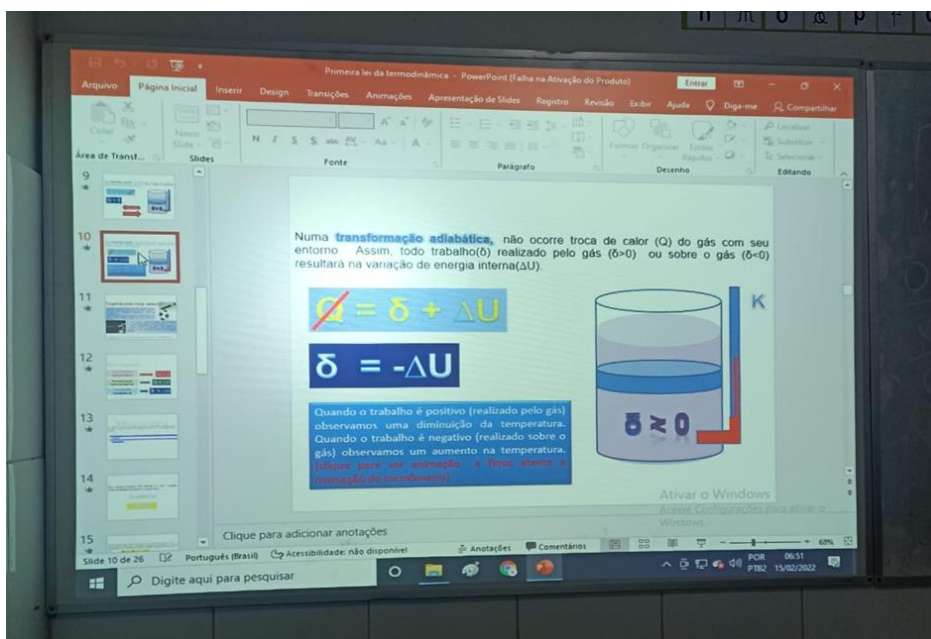


Figura 4.7 – Representação de exposição de conteúdo

Fonte: Arquivo pessoal do autor (2021).

As aulas e apresentações dos alunos ficaram gravadas em um drive e, posteriormente, foi possível gerar uma memória destas aulas/reuniões como demonstrado na figura abaixo (Figura 4.8):

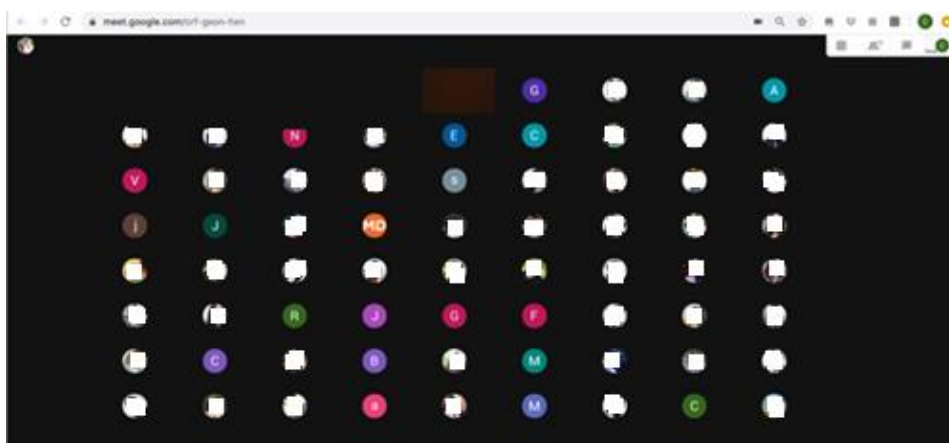


Figura 4.8 – Modelo uma reunião via Google Meet.

Fonte: Arquivo pessoal do autor (2021).

O trabalho, como sinalizado anteriormente, foi desenvolvido em uma turma do Segundo Ano do Ensino Médio, composta por 35 estudantes, dividida em quatro grupos.

Em função das normas estabelecidas pela OMS (Organização Mundial de Saúde), não foi possível os quatro alunos apresentarem o trabalho juntos pelo AVA. Assim, cada grupo encarregou-se de escolher um dos integrantes para apresentação do trabalho, como representante do grupo. Para que fosse possível a participação de todos e uma avaliação mais justa, os demais alunos enviaram um vídeo ao professor, pela plataforma do *Google Classroom* (Figura 4.9). A nota final deu-se por meio da média aritmética de três notas: a apresentação do trabalho representando o grupo, o vídeo enviado individualmente e uma nota dada pelos demais grupos à apresentação dos trabalhos de seus colegas de classe, a fim de manter a interação entre a turma.

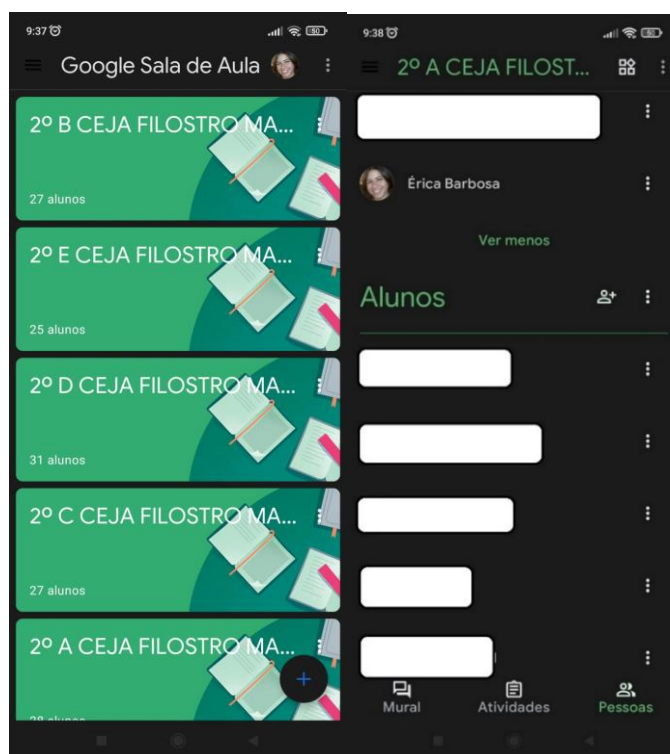


Figura 4.9 – Modelo da página na plataforma do Google Classroom com as salas registradas, alunos e professores

Fonte: Arquivo pessoal do autor (2021).

Por meio da sala criada no Google Classroom, foi possível criar um banco de dados com as atividades propostas e ministradas em sala de aula, pois a plataforma permite descrever separadamente cada atividade.

Uma importante vantagem desta plataforma digital é que o aluno fica com todo o material arquivado no drive, não comprometendo a memória interna do seu computador.

Uma vez que as aulas foram ministradas via Google Meet e gravadas, para que os educandos pudessem acessá-las novamente quando necessário, disponibilizou-se este material por meio do Google Classroom. Ou seja, uma plataforma complementou a outra, evitando assim que fossem utilizados meios informais de educação, como, por exemplo, Facebook e WhatsApp.

O Google Forms (Figura 4.10) também foi utilizado, dado que permite desenvolver e aplicar questionários com os mais diversos fins. No caso deste estudo, fez-se uso desse instrumento para diagnóstico da realidade social dos estudantes e, também, dos níveis de compreensão e interesse pelo conteúdo.

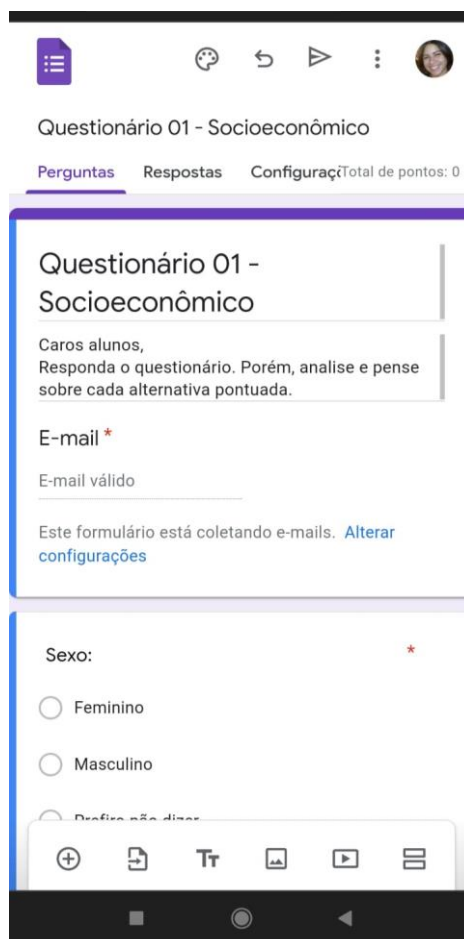
A screenshot of a Google Forms questionnaire titled "Questionário 01 - Socioeconômico". The interface is in Portuguese. At the top, there are navigation tabs for "Perguntas", "Respostas", and "Configurações", along with a "Total de pontos: 0" indicator. The main content area contains the title "Questionário 01 - Socioeconômico" and an introductory message: "Caros alunos, Responda o questionário. Porém, analise e pense sobre cada alternativa pontuada." Below this is a required text field labeled "E-mail *" with the placeholder "E-mail válido" and a link to "Alterar configurações". The next question is "Sexo:" with radio button options for "Feminino", "Masculino", and "Prefiro não dizer". The bottom of the screen shows a mobile navigation bar with icons for adding questions, copying, text, images, videos, and a list.

Figura 4.10 – Modelo da página formulários Google

Fonte: arquivo pessoal do autor (2021).

Outra plataforma bastante funcional, e gratuita, utilizada neste trabalho de pesquisa foi o YouTube (2022), onde selecionamos vídeos dos experimentos trabalhados em sala de aula. Com isso em mente, serão apresentados no próximo capítulo os experimentos finalizados, compreendendo todos os processos que compuseram sua confecção.

4.6. Experimentos Finalizados

Os participantes deste estudo foram os alunos do Segundo Ano A do Ensino Médio da Escola CEJA - Filostro Machado Carneiro. Foram divididos os grupos de 8 e 9 componentes, onde foi proposto aos alunos a montagem de quatro experimentos relacionados a Termodinâmica. Assim, foram sorteados entre os grupos para que, posteriormente, fosse apresentado através de aulas expositivas e seminário. Os critérios estabelecidos para a apresentação dos trabalhos foram: salientar a História da Ciência envolvendo o experimento, os materiais e a montagem do experimento e, por fim, o conceito físico envolvido no experimento.

Antes da realização das atividades, foi aplicado um questionário aos alunos. Este questionário (Apêndice D) teve como objetivo captar o conhecimento prévio dos alunos acerca dos conceitos físicos que viriam a ser estudados e suas percepções acerca da utilização da experimentação no aprendizado de física.

A pesquisa foi desenvolvida em nove aulas. Da aula 1 a aula 4, a pesquisadora acompanhou a turma para observar seu comportamento e, assim, analisar suas características. A aula 5 foi utilizada para separar os grupos e expor o conteúdo. Da aula 6 à aula 8 foram realizadas as apresentações dos trabalhos. E, por fim, na última aula (9^a), houve uma roda de conversa com os alunos para que estes comentassem acerca do trabalho. Este momento proporcionou a utilização de um feedback do professor para verificar a assimilação dos conteúdos por parte dos alunos. As atividades experimentais foram desenvolvidas após a aplicação deste questionário (ou de conhecimentos prévio) e das aulas expositivas e dialogadas com os alunos.

Durante a apresentação dos trabalhos, os grupos, juntamente com os demais alunos, discutiram os conceitos físicos da Termodinâmica trabalhados em sala de aula com auxílio do professor. Cada grupo teve uma aula (cinquenta minutos) para a apresentação do experimento e arguição por parte dos colegas. Na Figura 8.1, apresentamos uma das fotos com os alunos apresentando o experimento Termoscópio de Galileu. É importante salientar que a sala de aula foi reconfigurada para esta aula experimental. As Figuras 8.2 e 8.6 mostram os alunos apresentando os experimentos do barquinho a vapor e da máquina térmica. As Figuras 4.11, 4.12 e 4.13 mostram, respectivamente, as atividades relacionadas com o barquinho a vapor - materiais utilizados, molde e o barquinho já finalizado.



Figura 4.11 – Execução e apresentação do Termoscópio de Galileu

Fonte: Arquivo pessoal da autora (2021).

Para a construção do termômetro caseiro (Termoscópio de Galileu), conforme demonstrado na Figura 4.11, avaliou-se a utilização do Mercúrio no interior do termômetro e foram trabalhados dois conceitos físicos importantes de Termodinâmica: Temperatura e Expansão Térmica. Assim, discutiu-se a funcionalidade dos termômetros e as várias escalas termométricas existentes no decorrer da história.

Para a construção do segundo experimento, o Barquinho a Vapor (Figuras 4.12, 4.13, 4.14 e 4.15), foi necessário a junção de materiais de fácil acesso e baixo custo, comprovando que a Termodinâmica pode e deve ser empregada nas aulas práticas de Física dentro da escola pública, possibilitando ao aluno conhecimentos práticos que antes só eram apresentados na teoria. Os materiais utilizados para a construção do barquinho (Figura 4.11) foram:

MATERIAIS UTILIZADOS
Tesoura
Estilete
Régua
01 lata de alumínio (refrigerante ou cerveja)
Cola quente

Cola Epóxi
Fósforo
1 vela de aniversário
3 canudos de plásticos dobráveis
Palitos de dente
Isopor de bandeja de frios
Moldes
1 cartão de crédito ou carteirinha

Tabela 4.4 – Materiais Utilizados na construção do barquinho

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

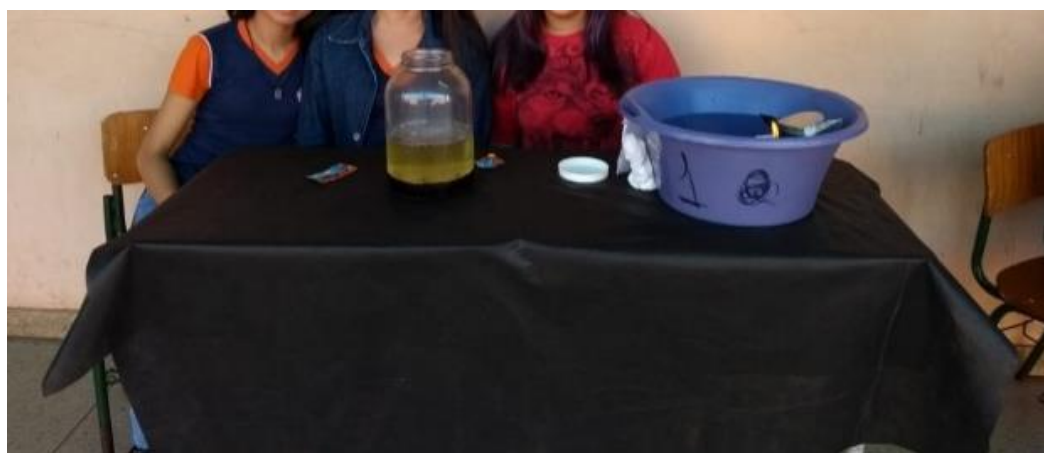


Figura 4.12 - Execução e apresentação do barquinho a vapor

Fonte: Arquivo pessoal da autora (2021).

Como apresentado na Figura 4.12, na construção deste experimento (barquinho a vapor) foram trabalhados os conceitos de pressão com o intuito de mostrar aos alunos a capacidade de um gás em realizar trabalho e os ciclos da Termodinâmica. Os moldes para uma melhor compreensão de como seria a estrutura do barquinho estão apresentados na Figura 8.4. Nesse momento, os alunos mencionaram a panela de pressão comumente utilizada nos domicílios, que após determinado tempo em estado de ebulição a válvula situada em sua tampa começa a girar em decorrência da pressão interna. Sendo assim, nota-se que a experimentação permitiu com que os estudantes estabelecessem vínculos entre o conteúdo trabalhado e sua realidade cotidiana, tornando o processo mais dinâmico, atrativo e significativo.



Figura 4.13 - Materiais utilizados na confecção do barquinho a vapor

Fonte: Google imagens (2021).

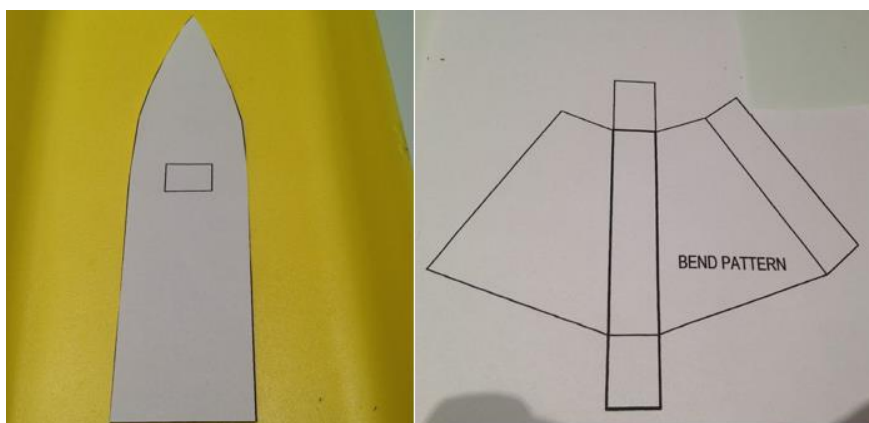


Figura 4.14 - Molde do barquinho a vapor

Fonte: Manual do mundo (2012).



Figura 4.15 - Barquinho a vapor finalizado.

Fonte: Google imagens (2021).

A imagem acima (Figura 4.15) mostra a finalização do barquinho a vapor, utilizando os materiais propostos na construção do mesmo (Tabela 4.4), possibilitando uma noção melhorada acerca de como ficou esse experimento.

O terceiro experimento foi a proposta da construção de uma Máquina Térmica. Os materiais utilizados para a montagem desse experimento estão apresentados na Tabela 4.5.

MATERIAIS UTILIZADOS
Uma latinha de alumínio (refrigerante ou cerveja, por exemplo);
01 agulha;
Um suporte de madeira;
Velas;
Uma seringa hospital com angula;
Uma ventoinha de plástico;
Fósforos ou isqueiro.

Tabela 4.5 – Materiais utilizados na construção da Máquina Térmica

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Como podemos observar na tabela acima (Tabela 4.5), todos os materiais utilizados no experimento são de fácil acesso, podendo ser localizados no ambiente domiciliar e até mesmo na escola. A escolha por esses tipos de materiais teve como principal intuito desconstruir um conjunto de noções que apontam que experimentos podem ser realizados apenas em instituições dotadas de equipamentos e laboratórios complexos. Contudo, é sabido que muitas instituições de ensino brasileiras, especialmente públicas, carecem dos recursos necessários para o desenvolvimento de diversas atividades. Nessa direção, cabe ao professor e aos demais profissionais da educação buscar estratégias alternativas para a diversificação dos processos educativos. Contudo, também é necessário destacar a importância da elaboração de políticas públicas de aparelhamento dos estabelecimentos de ensino, afinal, o investimento nesse setor está diretamente relacionado ao nível de qualidade do ensino que será oferecido à comunidade escolar.

No experimento da máquina térmica, conforme apresentado na Figura 4.16, foram discutidos a capacidade do vapor realizar trabalho. Neste experimento, foram trabalhados importantes conceitos físicos relacionados à Termodinâmica, além de uma abordagem histórica e filosófica da Ciência.



Figura 4.16 - Execução e apresentação da Máquina Térmica

Fonte: Arquivo pessoal da autora (2021).

Nesta etapa, orientados pelo professor, os alunos fizeram um furo utilizando uma agulha um pouco abaixo do centro da latinha de modo a esvaziá-la totalmente, conforme a Figura 4.17.



Figura 4.17 - Latinha de refrigerante vazia

Fonte: Google imagens (2021).

A máquina, após sua finalização, ou seja, após ser montada, está apresentada na Figura 4.18. Como medida de segurança, optou-se por montar um suporte, cuja base é de madeira reforçada por dois “grampos” de aço para sustentar a latinha de refrigerante com a água em ebulição. Após o experimento ser concluído, foi possível ver a ventoinha de plástico, acoplada no suporte de madeira, girar mediante o vapor oriundo da latinha de alumínio. Nota-se que a latinha funcionou como uma caldeira, onde, por meio de uma seringa, foi-lhe inserido água para que funcionasse com os objetivos deste experimento.



Figura 4.18 - Máquina térmica finalizada

Fonte: Google imagens (2021).

A quarta atividade prática proposta neste estudo foi a construção do experimento do Calorímetro (Figura 4.19). Nesta atividade, foram discutidos os conceitos envolvendo trocas de calor em um sistema termicamente isolado. Os materiais utilizados na montagem do Calorímetro Caseiro estão apresentados na Tabela 4.6.

MATERIAIS UTILIZADOS
Parafusos de ferro;
Latinha de alumínio (refrigerante ou cerveja, por exemplo);
Água;
Água quente;
Isopor;
Termômetro;
Proveta.

Tabela 4.6 – Materiais utilizados na construção do calorímetro caseiro

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Além de tornar o experimento uma prática passível de realização no Ensino de Física em instituições com recursos escassos, a utilização desses materiais reforça a relação entre os conteúdos trabalhados e a realidade cotidiana dos estudantes. Ou seja, através desses materiais é possível acessar e explorar os conceitos subsunçores dos educandos de modo a ampliar seu entendimento sobre a temática.

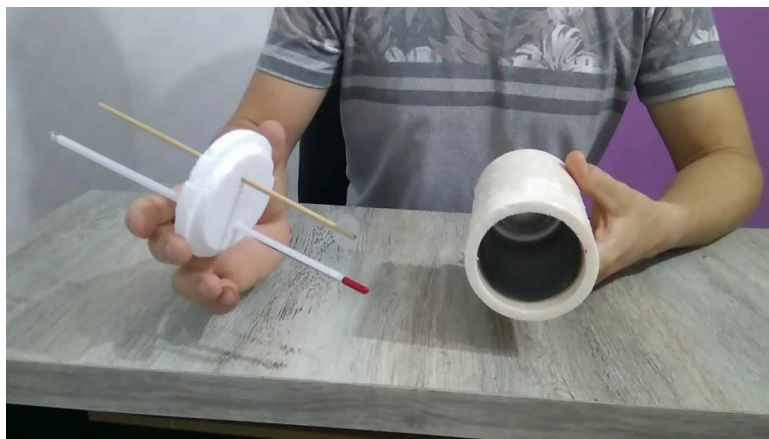


Figura 4.19 - Execução e apresentação do calorímetro caseiro

Fonte: Arquivo pessoal da autora (2021).

A figura acima (Figura 4.19) tem o objetivo de evidenciar os conteúdos relacionados à Capacidade Térmica e Calor Específico de um corpo, sendo “mostrado” na prática. Foram trabalhados anteriormente os conceitos envolvendo os fenômenos físicos para uma melhor compreensão da proposta na construção do calorímetro caseiro. Este experimento é algo bastante simples, onde são utilizados materiais de baixo custo e bem acessíveis. Para facilitar o manuseio, foi usado um isopor, um recipiente próprio para serem colocados às latinhas de alumínio, muito utilizadas em bares. O isopor tem como finalidade atuar como isolante térmico. Como o material da latinha de alumínio é um bom de calor, o isopor então isola o sistema (Vide Figura 4.20).



Figura 4.20 – Alguns materiais relacionados a montagem do calorímetro caseiro

Fonte: Google imagens (2021).

Através deste experimento, infere-se que a Capacidade Térmica do Calorímetro é proporcional à sua capacidade de trocar calor com o meio externo.

Capítulo 5

Análise dos Resultados

Nesta sessão, serão apresentados os principais resultados obtidos através da aplicação de questionários, que buscaram, além de identificar os conhecimentos prévios dos alunos, compreender sua realidade socioeconômica, uma vez que esta afeta diretamente sua permanência e rendimento escolar. Os gráficos apresentados (nomeados como figuras), foram gerados automaticamente pelo software Google Forms, o que permitiu apresentar os resultados de forma clara e objetiva, porém, sem dispensar as especificidades que cercam as percepções dos diferentes estudantes.

5.1 Levantamento Socioeconômico

Neste tópico, serão apresentados os dados obtidos através da aplicação do Questionário Socioeconômico (Apêndice C). A aplicação desse questionário se justifica pela necessidade de reconhecer a realidade do estudante de modo a elaborar estratégias de ensino que sejam significativas e que supram suas necessidades formativas. Além disso, a aplicação desse questionário permite ao professor traçar o perfil de cada estudante, elaborando intervenções focais que considerem suas particularidades.

Segundo as pesquisas concernentes a este trabalho, foram entrevistados 32 alunos. Na impossibilidade de apresentar todas as respostas coletadas, serão apresentadas algumas delas, que podem representar tendências identificadas ao longo da análise dos dados. Os resultados assim obtidos, concernentes ao sexo, estão apresentados de forma gráfica na Figura 5.1.

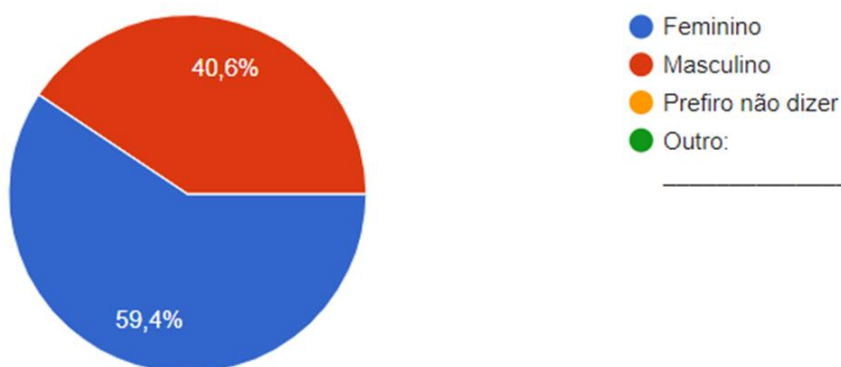


Figura 5.1 – Sexo dos estudantes

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Conforme o Figura 5.1, 40,6% são do sexo masculino e 59,4% do sexo feminino. Com relação à idade (Figura 5.2), os maiores de 19 anos se concentram na faixa dos 12,5%. Já com os que possuem idade entre 17 e 18 anos, 15,6%; os menores de 16, 18,8%. A maioria com faixa etária entre 16 e 17 anos são mais da metade, ou seja, 53,1%. Nota-se que há uma diversidade de estudantes quanto à fase do desenvolvimento, configurando uma turma dotada de diferentes mentalidades e percepções.

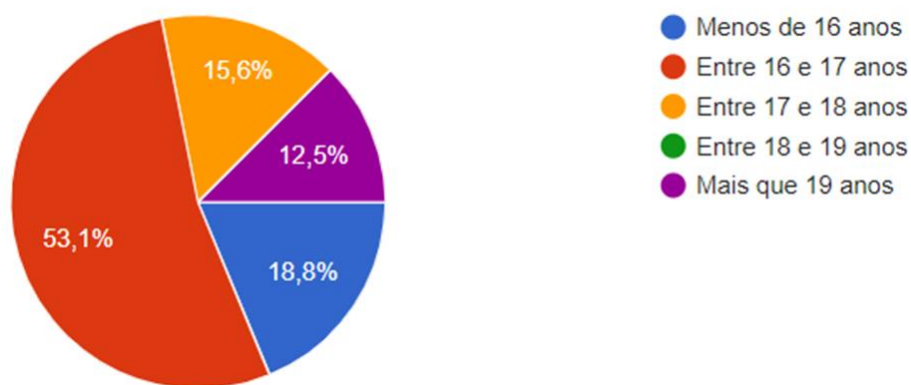


Figura 5.2 – Idade dos estudantes

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

É importante salientar que a educação no Brasil enfrentou sua parcela de desafios, mas continua a ter uma perspectiva esperançosa à medida que o país está dando passos em direção à melhoria. De todos os países da OCDE e parceiros, o Brasil tem uma das maiores parcelas de adultos sem educação secundária. Mas isso não significa que seus moradores não estejam tentando obter educação, nem significa que o governo não esteja trabalhando para a reforma (OSHIMA, 2015).

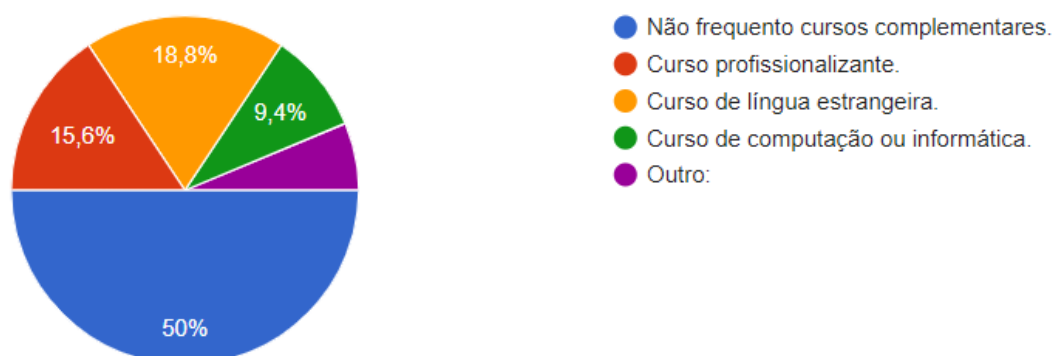


Figura 5.3 - Quais dos cursos abaixo você frequentou ou frequenta?

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Conforme o resultado apresentado na Figura 5.3, observa-se que: i) Metade dos jovens, isto é, 50%, não frequentam cursos que possam complementar seu currículo; ii) 18,8% buscam estudar outro idioma; iii) 15,6% procuram por um curso profissionalizante; iv) 9,4% mostram interesse por um curso na área da Computação ou da Informática. O baixo índice de frequência em cursos complementares se justifica pela escassez de possibilidades acessíveis na cidade de Caldas Novas, GO, além da falta de informações sobre os cursos ofertados gratuitamente no município e, também, de forma online por plataformas coordenadas por órgãos governamentais.

Para entender melhor um pouco acerca das possíveis ocupações dos alunos participantes desta pesquisa, apresentamos nas Figuras abaixo informações inerentes a ocupação atual (Figura 5.4), ao tempo de trabalho (Figura 5.5) e o ramo de trabalho (Figura 5.6).

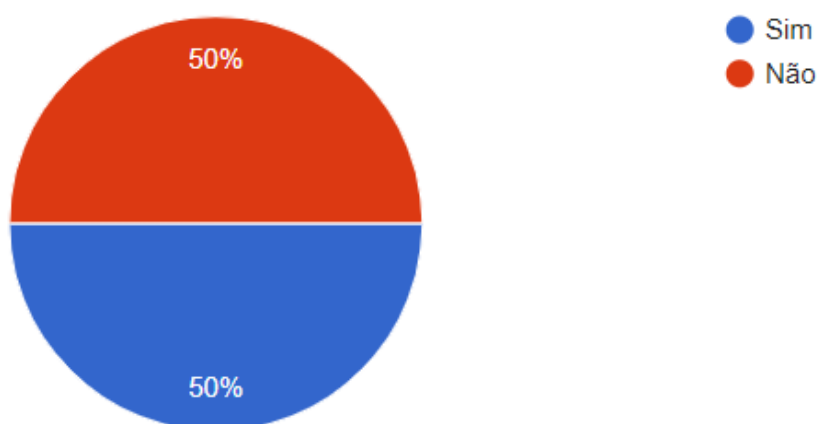


Figura 5.4 - Você está trabalhando atualmente?

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

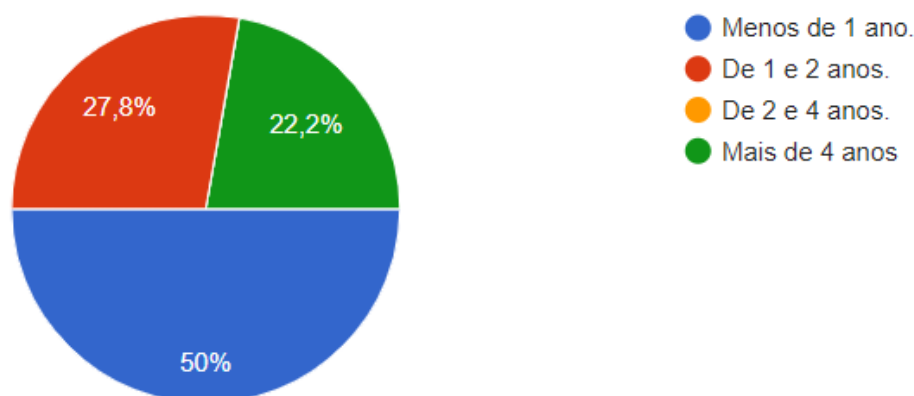


Figura 5.5 - (Caso você não trabalhe, desconsiderar as duas próximas questões) há quanto tempo você trabalha?

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

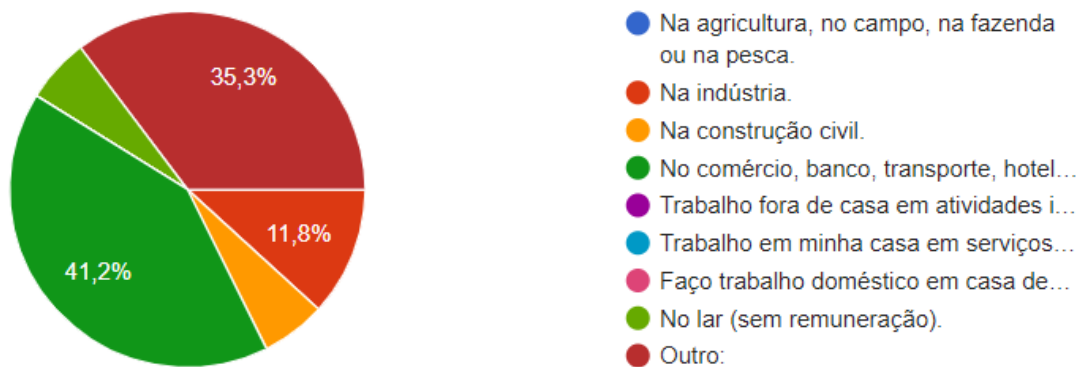


Figura 5.6 - Em qual ramo você trabalha atualmente?

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Com base no resultado da análise da Figura 5.4, percebe-se que metade dos estudantes possuem vínculo empregatício, já outros 50% não. Ainda com relação à questão trabalhista, a Figura 6.5 aponta que 22,2% dos alunos trabalha a mais de 4 anos, 50% a menos de um ano, e 27,8% atua entre 1 e 2 anos. Com relação à Figura 6.6, observa-se que mais de 40% trabalha em empregos urbanos como: comércios, hotéis e bancos; e uma pequena parcela, quase 12%, na indústria.

5.2 Concepções Espontâneas

É possível compreender que o conhecimento cotidiano é condicionado por uma epistemologia espontânea de relações causais simples, que é impulsionada pela percepção e amplamente compartilhada, dificultando a mudança. Mas os modelos físicos a serem ensinados sempre nos apresentam um resultado complexo de causas interligadas. Se esperamos que os alunos descubram as leis apenas através da observação e manipulação, os levaremos a uma grande confusão e fracasso. Leis e teorias não são simplesmente devido à coleta de dados, elas precisam de suposições subsidiárias para seu teste (LAKOMY, 2008).

A compreensão dos modelos teóricos é estabelecida por meio de processos cognitivos que geram justificativas e previsões. Um processo cognitivo envolve operações de pensamento que manipulam representações e estas devem ter conteúdos que as tornem semanticamente avaliáveis. O papel do professor deve ser o de construir pontes entre as representações dos alunos e os modelos científicos (LAKOMY, 2008). Partindo dessa premissa, neste tópico serão apresentados os dados obtidos através da aplicação de um questionário (Apêndice D), voltado a identificação das concepções espontâneas dos estudantes com relação ao tema trabalhado.

Dentro destes processos, existem as inferências dos alunos acerca do conhecimento sobre o que vem a ser uma máquina (Figura 5.7).

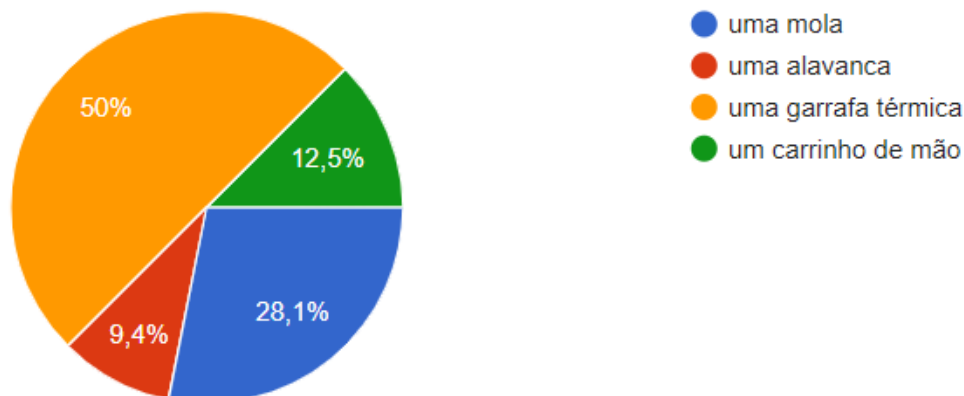


Figura 5.7 - Todos os equipamentos, criados ou não pelo homem, que facilita o trabalho do ser humano pode ser considerado uma máquina. Qual dos itens a seguir não é uma máquina?

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Como podemos observar acima, 50% dos estudantes alegaram que a garrafa térmica não é uma máquina térmica, 28% selecionaram a mola, 12,5% o carrinho de mão e 9,4% a alavanca. Esses números dispersos indicam uma falta de entendimento sobre o tema, o que demanda novas intervenções e esclarecimentos.

Em seguida, os alunos foram indagados acerca da Segunda Lei da Termodinâmica. Dentro da oitava questão (Apêndice D), falava sobre o motor de um veículo que é uma máquina térmica. De acordo com os resultados apresentados na Figura 6.8, 71,9% dos alunos afirmaram que o motor de um automóvel é uma máquina térmica que obedece às Leis da Termodinâmica. Cabe ressaltar os 18,8% que responderam tratar-se da área da mecânica.

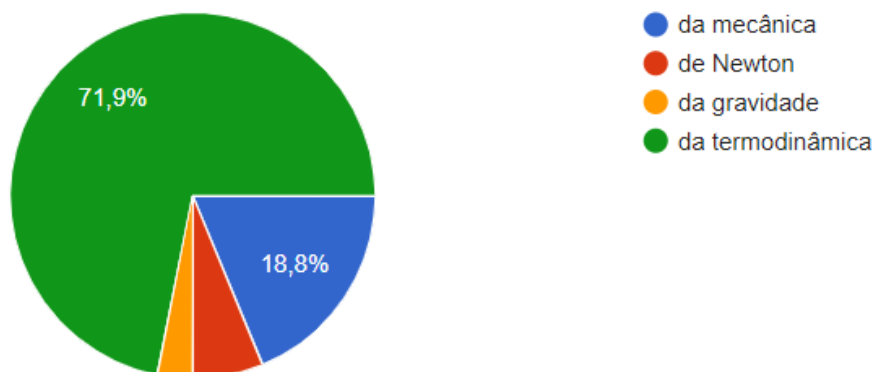


Figura 5.8 - O motor de um automóvel é uma máquina térmica, que funciona obedecendo às leis:

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Dando sequência a compreensão textual acerca de uma máquina térmica (Figura 5.9), 75% dos alunos acreditam acertadamente que uma máquina térmica é uma máquina que converte calor em trabalho. Ainda na análise da Figura 5.9, constata-se que 9,4% dos estudantes responderam que se trata de uma máquina que funciona com temperatura constante, enquanto outros 9,4% alegam ser uma máquina que funciona sem necessidade de combustível.

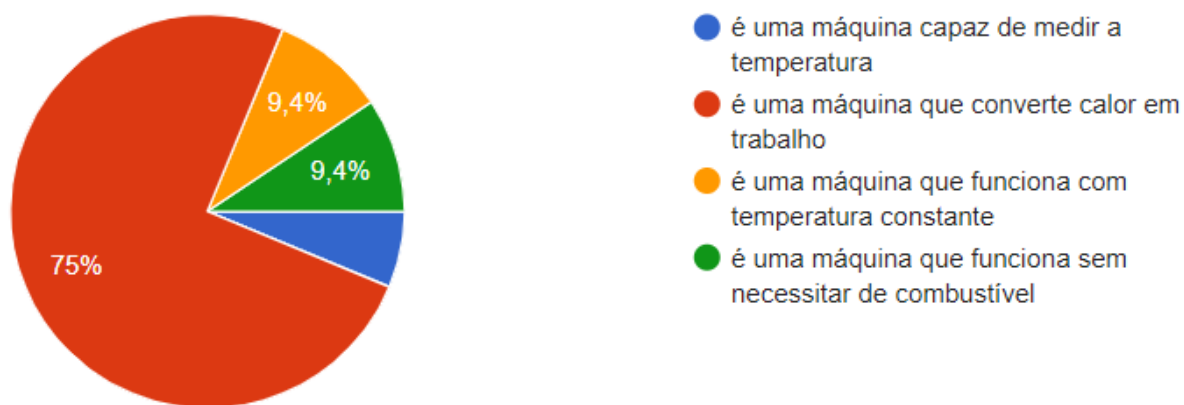


Figura 5.9 - O que é uma máquina térmica?

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Conforme discutido anteriormente (Capítulo 3 - Aspectos Teóricos da Termodinâmica), a Primeira Lei da Termodinâmica é um princípio que reflete a conservação de energia no contexto da termodinâmica e afirma que se o trabalho é realizado em um sistema ou troca calor com outro, a energia interna do sistema mudará. Para tanto, quando os alunos foram arguidos sobre a Primeira Lei da Termodinâmica (Figura 5.10), eles afirmaram catedraticamente que se trata da “Conservação da Energia”, isto é, 71,9% dos alunos.

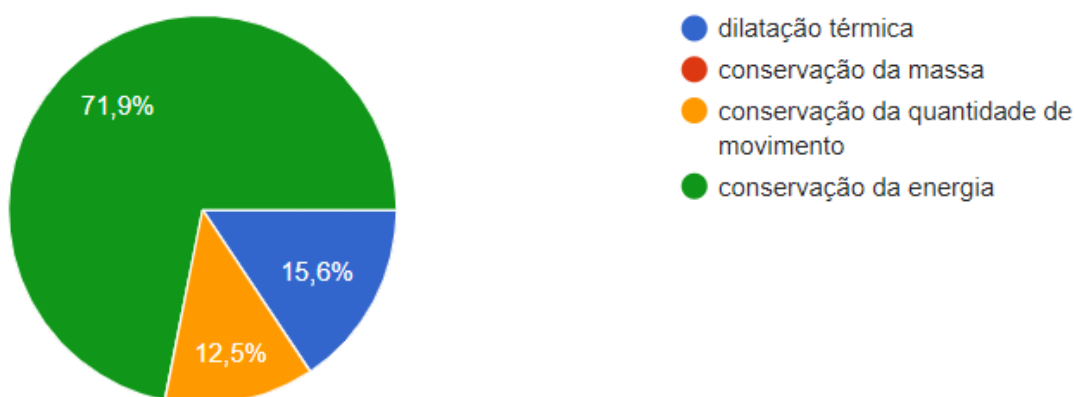


Figura 5.10 - A Primeira Lei da Termodinâmica diz respeito a:

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Como podemos observar acima (Figura 5.10), 12,5 % afirmaram que a 1ª Lei da Termodinâmica está relacionada com a Conservação da Quantidade de Movimento e 15,6%, com a Dilatação Térmica.

Conforme apresentado na Sessão 3 (Aspectos Teóricos da Termodinâmica), todos os motores operando de acordo com o Ciclo de Carnot, com as mesmas temperaturas têm a mesma eficiência, e sua principal consequência é que a relação dQ/T do calor infinitesimal e a temperatura é um diferencial exato, que permite a definição de Entropia. A segunda parte compreende a lei do aumento da entropia.

Além das declarações de Clausius e Kelvin, várias outras declarações da Segunda Lei apareceram. Algumas são equivalentes às declarações de Clausius e Kelvin, outras são equivalentes apenas à primeira parte ou apenas à segunda parte.

O primeiro aspecto que vem à mente em relação às duas partes é que a primeira parte diz respeito a sistemas que estão em equilíbrio termodinâmico ou, mais precisamente, sistemas que estão em processo de equilíbrio. A segunda parte, por outro lado, refere-se a sistemas que não estão em equilíbrio. Se a Segunda Lei da Termodinâmica é entendida como uma lei sobre sistemas que passam por processos de não equilíbrio, então apenas a segunda parte deve ser devidamente identificada como a Segunda Lei (OLIVEIRA, 2018, 2019).

Concernente à Segunda Lei da Termodinâmica (Figura 5.11), observa-se que: i) Apenas 15,6% dos alunos afirmaram que a Segunda Lei diz respeito a “energia total de um sistema isolado e constante”; ii) 18,8% enfatizaram que é “uma máquina térmica que possui rendimento de 100%”; iii) 18,8% não souberam responder; e iv) 46,9% disseram que “é impossível que, espontaneamente, o calor flua de uma fonte fria para uma fonte quente”.



Figura 5.11 - A Segunda Lei da Termodinâmica diz respeito a:

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

5.4. Autoavaliação

A Teoria da Reprodução Social e tantas outras, ligadas aos paradigmas sociológicos de consenso e conflito, diferenciam as condições de escolarização (GOMES, 2012), sua inserção e resultados. De certa forma, embora as relações entre recursos (ou “insumos”) e resultados sejam expressivas, a análise dos processos em várias camadas, o bairro, a escola, a sala de aula, os currículos e grupos de alunos explica grande parte das variações (GOMES, 2020).

Assim, uma escola pode selecionar seus alunos entre aqueles com melhores condições socioeconômicas e socioculturais, com melhor disciplina, dependendo da área residencial, que por sua vez está ligada a outros fatores. Podem se tornar escolas “lixadeiras” em áreas residenciais problemáticas, de nível socioeconômico modesto, sub-habitações e violência banalizada, recebendo alunos violentos de outros estabelecimentos. Pode ser que a escola organize as aulas de acordo com o nível de aproveitamento do aluno, criando classes de “elite” e “indesejáveis”. Da mesma forma, os professores procuram ser transferidos para outras escolas de acordo com as condições e gestão dos alunos.

Pensando nisso, apresentamos abaixo os resultados obtidos acerca da frequência escolar (Figura 5.12), referentes a aplicação do Questionário Socioeconômico (Apêndice C). A identificação da frequência possui relação direta com o nível de compreensão do conteúdo por parte dos estudantes, uma vez que alunos com altos índices de ausência geralmente possuem mais dificuldades em estabelecer conexões entre os eixos temáticos trabalhados, o que impacta sua aprendizagem como um todo. Além disso, a identificação dos níveis de frequência permite ao próprio aluno reconhecer um dentre os principais fatores que afetam diretamente sua formação.

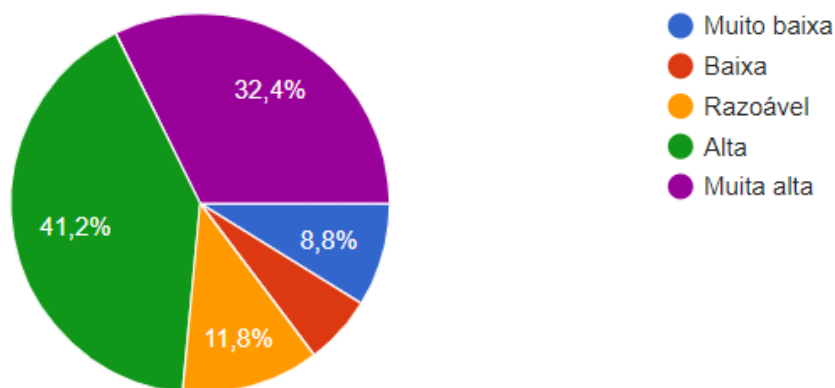


Figura 5.12 - Como é sua frequência escolar?

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Com relação ao parecer dos estudantes, os resultados apresentados na Figura 5.13 indicam que 73,5% consideram que os conteúdos apresentados tiveram relevância para suas vidas. Nesse plano, 14,7% afirmam não ter havido um impacto significativo do conteúdo, indicando uma necessidade de trabalhar de forma direcionada com esses alunos. Além disso, a porcentagem (14,7%) de alunos não atingidos positivamente evidencia os limites da intervenção, viabilizando a realizando de ajustes em aplicações futuras.

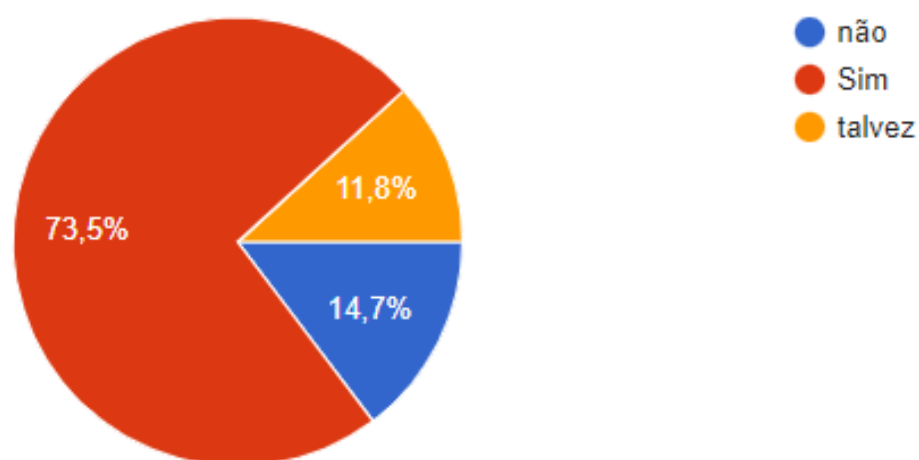


Figura 5.13 - Com relação aos conteúdos apresentados, eles tiveram relevância na sua vida?

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Os alunos também foram arguidos com relação ao método de ensino adotado na exposição do conteúdo. Para contribuir com a resposta, foram proferidos alguns esclarecimentos sobre o conceito de método, indicando que este se define como os processos e caminhos adotados ao longo das aulas. Os resultados assim obtidos estão apresentados na Figura 5.14.

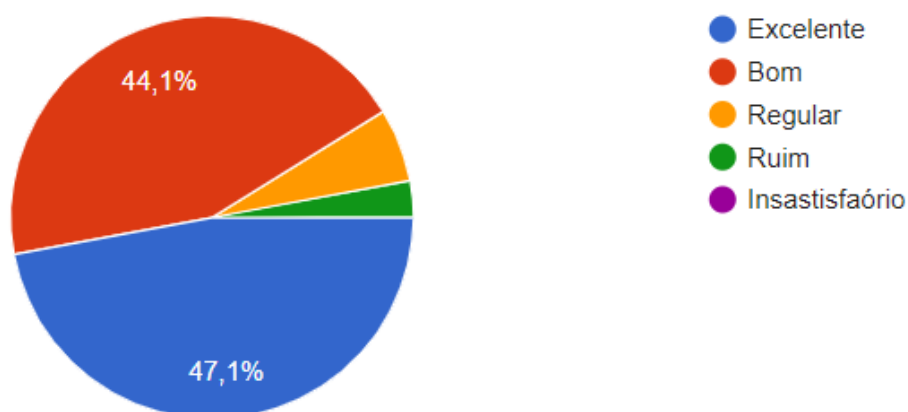


Figura 5.14 - Você considera o método de ensino adotado para a exposição do conteúdo como:

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Conforme os resultados apresentados na Figura 5.14, observa-se que 47,1% dos estudantes aprovam o método de exposição do conteúdo adotado. No entanto, segundo alguns estudantes, o método é ruim e/ou regular, demandando um processo posterior de avaliação e realização de ajustes em práticas futuras.

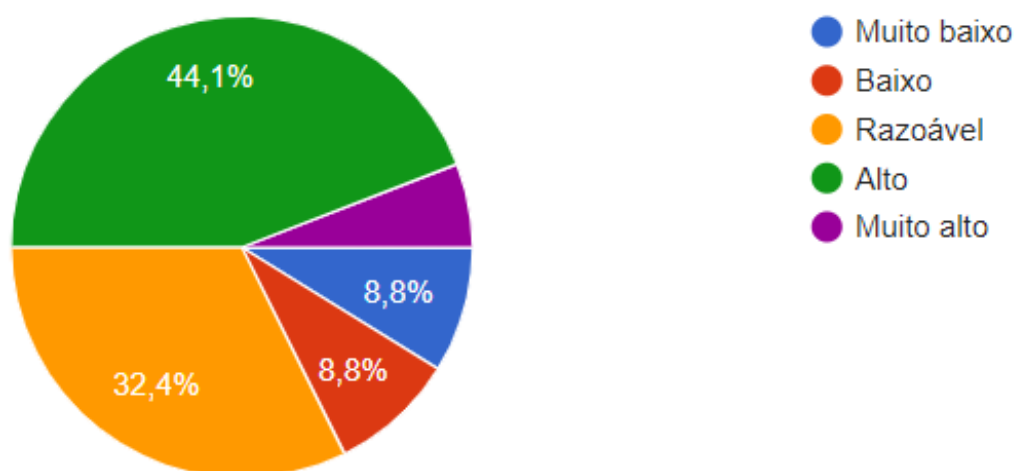


Figura 5.15 - Ao concluirmos esse conteúdo, seu grau de entendimento deste foi:

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

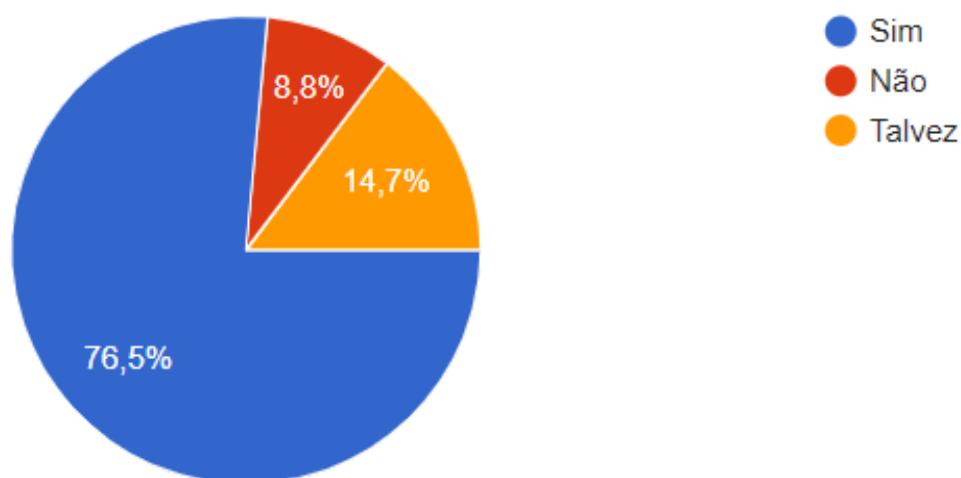


Figura 5.16 - Você adquiriu novos conhecimentos após ter estudado esse conteúdo?

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Como podemos observar acima (Figura 5.15), ao serem indagados sobre o grau de entendimento pós a abordagem do conteúdo, 44,1% dos alunos alegaram ter ampliado significativamente seu conhecimento, 32,4% indicaram que obtiveram um entendimento razoável, 8,8% afirmaram obter um conhecimento baixo, e outros 8,8% disseram que o entendimento foi muito baixo. Sendo assim, nota-se que as atividades promovidas geraram

efeitos particulares em cada estudante, reforçando a necessidade de se promover estratégias focais de suprimento das necessidades formativas específicas de cada um dos estudantes, cuja compreensão do conteúdo não foi satisfatória.

Sobre a aquisição de novos conhecimentos (Figura 5.16), 76,5% dos alunos disseram que sim, isto é, adquiriram novos conhecimentos após ter estudado o conteúdo, enquanto 14,7% e 8,8% disseram que talvez e não, respectivamente. Embora a maioria aponte que as estratégias desenvolvidas permitiram a ampliação do arcabouço de entendimento sobre a termodinâmica, os quase 24% restantes demandam uma atenção específica, dado que os processos de aprendizagem devem ser voltados ao atendimento integral dos estudantes. Além disso, o baixo nível de compreensão dos conteúdos e os demais dados negativos apresentados nas Figuras 5.13 a 5.15, pode ser resultado da falta de envolvimento e interesse dos próprios alunos. Afinal, embora as atividades desenvolvidas tenham sido recebidas com ânimo pela maioria dos estudantes da turma, alguns permaneceram apáticos quanto à sua execução.

5.5. Avaliação por parte dos estudantes quanto as atividades desenvolvidas como um todo

A avaliação do desempenho do professor (Apêndice E), com abordagem formativa exige a coleta de dados ao longo de um processo, desde o planejamento do ensino até a sua finalização (Figura 5.17 5.18), considerando outras responsabilidades profissionais que envolvem o professor nas tarefas do projeto escolar e sua relação com o alunado, em geral. Esse tipo de avaliação é fundamental para que o nível de receptividade dos estudantes para com a proposta e o interesse pelo conteúdo sejam identificados.

Esse tipo de avaliação contribui no sentido de romper com barreiras hierarquizantes que perpetuam noções educacionais puramente tradicionais, que compreendiam a sala de aula enquanto um espaço composto por um agente superior, o professor, e seus subalternos, os alunos. Nesse sentido, a avaliação, quando realizada pelos estudantes, reforça a ideia de que a sala de aula é um espaço de aprendizagem mútua e colaborativa, onde não somente os estudantes, mas também os professores adquirem novos conhecimentos. Portanto, ao propor esse momento buscou-se promover um novo Ensino de Física que, diferentemente da forma vista por muitos estudantes, pode ser um momento de troca de experiências e saberes.

A avaliação também permite que o professor, além de reformular suas práticas, assuma uma postura mais compatível com o perfil dos estudantes, permitindo que estes desenvolvam

relações de proximidade, benéficas aos processos de aprendizagem. Considerando que as atividades foram orientadas remotamente, esse feedback permitiu compreender seus efeitos no processo de aprendizagem e desenvolvimento de cada estudante. Para mais, ao atribuir essa função aos alunos, percebeu-se que estes se tornaram mais autônomos, assumindo a dianteira de sua aprendizagem.

Neste trabalho em especial, a avaliação contribuiu com a execução de ajustes ao longo das atividades/aulas, tornando o ensino mais atrativo e significativo para os estudantes. Portanto, assumiu-se uma postura abertura à mudanças, de modo que as sugestões e pareceres dos estudantes foram tidos como essenciais para o aprimoramento da proposta. Sendo assim, nesse estudo, a avaliação realizada pelos estudantes com relação ao desempenho do professor pode ser compreendida como um instrumento efetivo de promoção de igualdade em sala de aula, contribuindo também com a construção da autonomia do estudante, colocando-o em lugar de protagonismo.

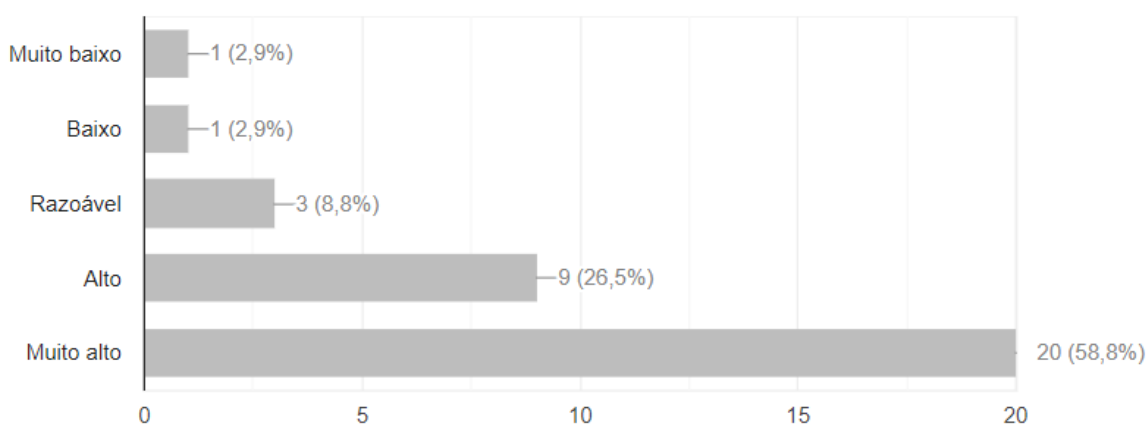


Figura 5.17 - Quanto ao domínio do conteúdo, como você classificaria o grau de domínio do professor?

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

58,8% dos estudantes afirmaram que o professor apresentou um domínio muito alto do conteúdo; 26,5% indicaram que o domínio foi alto, 8,8% razoável, 2,9% baixo e 2,9% muito baixo. Esses dados devem ser compreendidos como importantes fontes para redefinição de práticas futuras, afinal, a carreira docente não está isenta de seus enfrentamentos teóricos e pedagógicos, demandando um estado constante de aperfeiçoamento. Por outro lado, é possível refletir sobre os contornos da própria questão, afinal, os alunos possuem propriedade para avaliar aspectos didático-pedagógicos de um profissional em educação? Portanto, esse ponto evidencia que alguns questionamentos não foram suficientes para captar as percepções dos estudantes relativas às experiências vivenciadas ao longo das atividades, reforçando que a

elaboração de questionários deve considerar o público a qual se destina, bem como os objetivos e funções de sua aplicação.

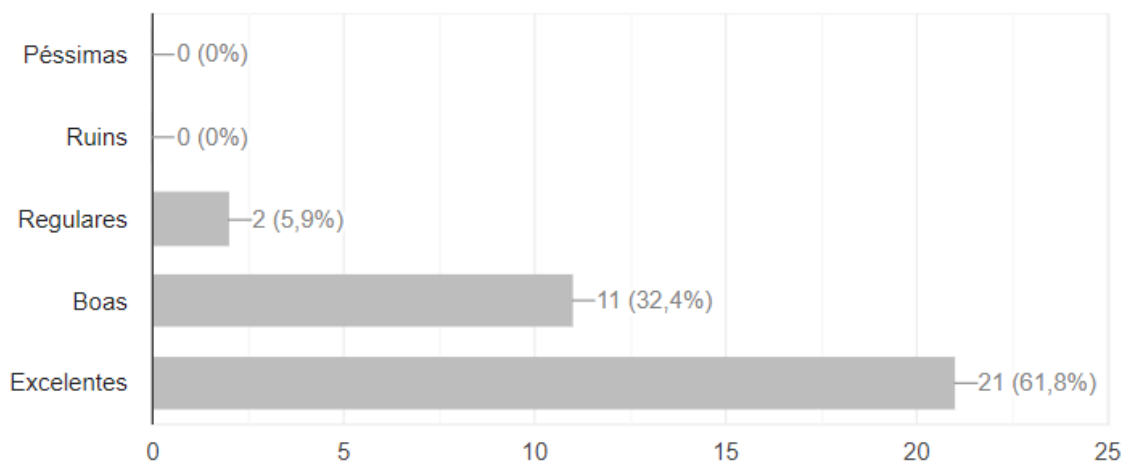


Figura 5.18 - Quanto à exposição do conteúdo, as exposições do professor foram:

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Ao serem questionados acerca das exposições de conteúdo pela professora, 61,8% dos estudantes alegaram que estas se classificam como excelentes, 32,4% boas e 5,9% regulares. Não houveram classificações do tipo ruins ou péssimas. Como podemos observar, os resultados apresentados na Figura 5.18 incorrem na mesma problemática apresentada na análise da figura anterior (Figura 5.17), afinal, a questão: Quanto a exposição do conteúdo, as exposições foram; atribui aos alunos uma função avaliativa incompatível com seu nível de desenvolvimento.

Capítulo 6

Considerações Finais

Inicialmente, cabe enfatizar que este estudo se apresentou enquanto um processo de aperfeiçoamento profissional, uma vez que as práticas desenvolvidas viabilizaram o reconhecimento de novas possibilidades e abordagens pedagógicas, que contribuem diretamente com a desconstrução de percepções negativas sobre as disciplinas do campo das Ciências Exatas, especialmente a Física.

Cabe acrescentar que o desenvolvimento deste estudo se deu em um contexto de transformações no campo social, afinal, com a chegada da pandemia do vírus Covid-19, foram promovidas várias mudanças nos mais diversos setores da sociedade. Nesse contexto, os processos e práticas educativas sofreram impactos significativos, de caráter não somente pedagógico, mas também psicológico, uma vez que todos, incluindo alunos, professores e gestores, se encontraram em um momento de constante alerta e inquietação. Além disso, pensando especificamente na questão da atuação docente, a necessidade de utilizar as tecnologias no cotidiano fez com que emergisse um conjunto de inseguranças, uma vez que nem todos os profissionais possuem as habilidades e competências necessárias para ministrar atividades remotamente.

Os objetivos esperados com a realização deste projeto foram alcançados, uma vez que o projeto tinha como propósito despertar o interesse dos alunos pela Física, a partir de uma abordagem histórica, proporcionando, também, a alfabetização científica. Segundo a discussão e análise dos resultados obtidos (Capítulos 5, 6, 7 e 8), observou-se que os objetivos foram alcançados de maneira satisfatória. Sobre o envolvimento dos estudantes, percebeu-se uma elevação da autonomia, desencadeando práticas marcadas pelo protagonismo dos alunos, que se configuraram como os principais agentes de sua própria formação. Esses pontos nos remetem aos escritos de Paulo Freire, que discute sobre a necessidade de promover práticas reflexivas, e que promovam a emancipação humana.

Quanto a proposta da alfabetização científica, notou-se que os alunos conseguiram relacionar processos ocorridos nos experimentos com o funcionamento de determinados eletrodomésticos. Esse ponto evidencia as diversas contribuições da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, que viabilizou o reconhecimento e exploração dos conhecimentos prévios dos estudantes (conceitos subsunçores), e a partir disso, permitiu a proposição de estratégias didáticas dotadas de maior significado e proximidade com a realidade cotidiana.

A abordagem da Teoria da Aprendizagem Significativa também contribuiu com a

ampliação das percepções da própria pesquisadora acerca dos processos educativos, uma vez que foi possível reconhecer os efeitos das particularidades de cada aluno no seu desenvolvimento.

O cotidiano de atuação docente, geralmente marcado pelas longas e desgastantes jornadas de trabalho, por muitas vezes induz os profissionais, mesmo que inconscientemente, a reproduzir noções limitantes, que desconsideram os aspectos subjetivos da aprendizagem. Essa padronização dos processos educativos, especialmente daqueles promovidos no âmbito do Ensino de Física, corroboram com a manutenção de diversos estereótipos acerca dessa disciplina, que também atingem os profissionais da área. Nessa direção, a construção desse trabalho atuou enquanto descortinadora de um conjunto de elementos pouco evidenciados no dia-a-dia.

Nessa direção, a promoção de práticas educativas mais dinâmicas e significativas, como destacado no início dessa seção, vai ao encontro a um movimento de resignificação de percepções e ideias negativas sobre a disciplina de Física, uma vez que os alunos se tornaram capazes de compreender essa área do conhecimento através de um novo olhar. Para mais, o seguimento de uma perspectiva atenta às necessidades e preferências dos estudantes contribuiu com o enfrentamento das tensões decorrentes do período pandêmico, afinal, a promoção de práticas mais atrativas permitiu que, mesmo remotamente, parte dos ritos característicos do ambiente presencial fossem recuperados.

Sobre as concepções espontâneas, pode-se notar uma série de elementos que influenciam diretamente a compreensão dos educandos. Primeiramente, como já mencionado, percebeu-se que os alunos, ao se depararem com o conteúdo da Termodinâmica, tendem a estabelecer relações com aspectos de sua vida cotidiana, mais especificamente com eletrodomésticos presentes em suas residências. Ademais, pode-se notar que a expressão inicial dos conceitos sofre uma influência direta dos pares, ou seja, os alunos, a depender das relações que estabelecem com seus colegas, tendem a reproduzir suas respostas, por muitas vezes, sem refletir sobre a sua veracidade.

Houve, também, uma compreensão, por parte dos estudantes, relacionada à interdisciplinaridade, pois estes compreenderam que a Ciência, assim como as artes, é um construto humano e está alocada na História, contribuindo diretamente com a integração de novos elementos pedagógicos ao campo teórico do Ensino de Física, que gradativamente tem se distanciado dos modelos puramente tradicionais. À parte isso, relacionaram os processos físicos e químicos ocorridos nos processos termodinâmicos. Porém, notou-se que o fato das disciplinas serem ministradas separada e isoladamente dificulta a correlação entre várias áreas

do saber por parte do educando. Neste sentido, entendemos que ainda há muito a se fazer quanto a efetividade da interdisciplinaridade, como propõe o currículo base do estado de Goiás, pois esta tem um grande potencial agregador.

Esse ponto nos remete as contribuições de Vygostky, que aponta a influências dos processos históricos e das relações entre os pares na construção do saber e no desenvolvimento dos próprios indivíduos. Nesse sentido, a contextualização histórica da temática da Termodinâmica contribuiu no sentido de apresentar aos estudantes a não linearidade da produção do conhecimento científico. Nessa direção, retomando novamente o fator de construção de novas percepções sobre a disciplina de Física, o reconhecimento de suas relações com outros campos do conhecimento contribui com o combate de percepções limitantes calcadas na fragmentação da ciência.

Notou-se ainda que o uso de experimentos no Ensino de Física contribui com a compreensão dos conceitos trabalhados, uma vez que estes, comumente, permanecem em um plano mais abstrato, inviabilizando sua interpretação a partir de situações reais. Ademais, a realização de experimentos com base em materiais de baixo custo demonstra que essa prática não deve ser exclusiva das instituições escolares dotadas de grande estrutura, mas sim que qualquer professor pode promover processos semelhantes em seu cotidiano de atuação.

Não obstante, às considerações feitas pelos alunos do decorrer do trabalho e a experiência adquirida, conclui-se que as atividades experimentais por si só são insuficientes para a promoção da interdisciplinaridade e, principalmente, para a alfabetização científica. Neste sentido, acredita-se ser necessário ensinar física considerando elementos que compõem o cotidiano dos estudantes. Além disso, tendo como ponto de partida os enfrentamentos vivenciados, notou-se que a formação continuada de professores é uma grande aliada da redefinição dos limites do Ensino de Física, que, além de ser realizado sob uma nova ótica, dialogando com profissionais de outros campos do conhecimento, promove atividades imersivas e que incentivem o protagonismo dos estudantes. Para mais, a promoção de experimentos associada ao uso de ferramentas tecnológicas, mesmo que sob um conjunto de condições atípicas, coaduna com os direcionamentos da Base Comum Curricular Nacional, que enfatiza a necessidade de se promover práticas educativas compatíveis com as demandas educacionais do século XXI.

Ao longo da pesquisa e intervenção, pôde-se identificar diversas contribuições formativas. Considerando as barreiras tecnológicas e atitudinais impostas pelo contexto pandêmico, percebeu-se a importância da formação continuada enquanto instrumento de atualização docente, afinal, a classe de professores, especialmente da educação básica pública,

atua sob condições estressantes devido às inúmeras demandas inter e extra institucionais, o que por muitas vezes inviabiliza a continuidade da formação.

Com o ingresso no Mestrado em Ensino de Física da Universidade Federal de Catalão, uma série de questões que perpassam pelo campo educacional, pouco discutidas no cotidiano, puderam ser melhor compreendidas. Além dos conhecimentos teóricos específicos do campo da Física, pôde-se ampliar o repertório de estratégias e possibilidades pedagógicas, bem como de habilidades e competências voltadas à promoção de uma educação alinhada com às demandas formativas da atual geração. Além disso, o percurso de construção da pesquisa ressignificou diversas percepções sobre os estudantes, que passaram a ser vistos como sujeitos ativos capazes de contribuir efetivamente com os processos de ensino-aprendizagem.

Por fim, acredita-se que este produto/dissertação será de grande proveito para a execução de estudos futuros, dado que expõe um conjunto de ações, bem como os limites de sua aplicação. Sendo assim, buscar-se-á realizar um constante aprimoramento de seu conteúdo.

Referências

ABC. *Projetos Curriculares de Ciências Naturais*. Físico-Química, Física e Química para a Escola Secundária da província de Buenos Aires, disponíveis em: <http://www.abc.gov.ar/> (2017).

ANDRADE, G.G.F; MENDES, B.B.C; BRITO, A.C.A; LIMA, J.R.T; RÊGO, K.C.T.F.R. Experimentando a óptica: uma nova perspectiva para o ensino de física em turmas de Ensino Médio. In: *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación*, Buenos Aires/ARG, p. 01-13, 2014. Disponível em: <http://loos.prof.ufsc.br/files/2016/03/experimentando-a-%c3%93ptica-uma-nova-perspectiva-para-o-ensino-de-f%c3%8dsica-em-turmas-de-ensino-m%c3%89dio.pdf> Acesso em: 12 dez. 2022.

AUSUBEL, D. P. *The Psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune and Stratton, 1963.

BALDOW, R.; MONTEIRO-JÚNIOR, F. N. *Os Livros Didáticos de Física e suas Omissões na História do Desenvolvimento da Termodinâmica*. Alexandria, Revista de Educação em Ciência e Tecnologia 3 (2010): 3-19. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/38013/29013>. Acesso em: 20 de dez. 2020.

BASSALO J. M. F.; FARIAS, R. F. Clausius: Pequena História da Entropia. *História da Química*, v. 10, 2015. p. 95-100. Disponível em: <https://docplayer.com.br/51534242-Clausius-pequena-historia-da-entropia.html> Acesso em: 12 de jan.2021.

BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.

BERNAL, J. D. *Science in History*. Vol. 2. Londres: Penguin Books, 1954.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. *Investigação qualitativa em educação*. Tradução Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto: Porto Editora, 1994.

BOMFIM, J.; REIS, J. C.; GUERRA, A. Problematizando a Ideia de Gênios Isolados: Mayer e Joule no Episódio da Conservação de Energia. *Revista Tecnó Episteme y Didaxis*, 2016. p. 1264-1270, Disponível em: <http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/download/4736/3876/>. Acesso em: 12 de jan. 2021.

BONITO, J. Na Procura da Definição do Conceito de Atividades Práticas. Universidad de Logroño, *Revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Espanha, 1996.

BORGES, A. T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. *Coleção Explorando o Ensino de Física*, v. 7, p. 30-44, 2006. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607> Acesso em: 12 dez. 2022.

BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular (BNCC): educação é a Base*. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2018. Disponível em: 568

http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_publicacao.pdf. Acesso em: 20 nov. 2020.

CARNOT, S. *Reflexões sobre a força motriz do fogo e sobre as máquinas adequadas para desenvolver este poder*. Paris: Bachelier, 1824.

CLAUSIUS, R. *Annalen der Physik und Chemie*. 79, 368, 500. 1850;

CALLEN, H. B. *Thermodynamics*. New York: Wiley, 1960.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE M. Da Educação Em Ciências Às Orientações Para o Ensino Das Ciências: Um Repensar Epistemológico. *Ciência & Educação*, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 363-381, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/dJV3LpQrsL7LZXykPX3xrwj/abstract/?lang=pt> Acesso em: 20 nov. 2020.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. *Ciência, Educação em Ciência e ensino das Ciências*. Lisboa: Ministério da Educação, 2002.

CALADO, J. *Haja Luz: Uma História da Química Através de Tudo*. Lisboa: Ist Press, 2010.

CASTIGNANI, A. *Sadi Carnot e o Desenvolvimento Inicial da Termodinâmica Clássica*. 199. 45f. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 1999.

COIMBRA, S. G. *A Formação De Uma Cultura Científica No Ensino Médio: O Papel do Livro Didático de Física*. 2007. 187f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciência) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília- UnB. Brasília, 2007. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/5022> Acesso em: 20 nov. 2020.

CONNOR, N. O que é coeficiente de desempenho – COP. *Thermal Engineering*, 2019. Disponível em: <https://www.thermal-engineering.org/pt-br/o-que-e-coeficiente-de-desempenho-cop-refrigerador-ar-condicionado-definicao/#:~:text=O%20coeficiente%20de%20desempenho%20%2C%20COP%20%2C%20de%20um%20refrigerador%20%2C%20A9%20definido,o%20trabalho%20realizado%20pelo%20compressor>). Acesso em: 05 set. 2022.

CHI, M. T. H. Mudança Conceitual dentro e entre Categorias Ontológicas: Exemplos de Aprendizagem e Descoberta na Ciência. In: LIMÓN, M. Y.; MASON, L. (eds.) *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*. Kluwer Academic Publishers, Londres, 2002.

CHI, M. T. H. *En Handbook of research on conceptual change*. New Jersey: Erlbaum, 2008.

CHI, M.T.H.; ROSCOE, R.; SLOTTA, J.; ROY, M.; CHASE, M. Misconceived causal explanations for 'emergent' processes. *Cognitive Science*, v. 36, n. 01, p. 1-61, 2012.

DÍAZ, S. M. F. *Sadi Carnot y La Segunda Ley de La Termodinámica: La Historia de la Ciencia como Pedagogía Natural*. 2014. Tese (Doutorado) - Universidad Pedagógica Nacional, Programa Interinstitucional en Educación, 2014.

E-ESCOLA. *Aplicação da 2ª lei da termodinâmica às máquinas térmicas*. 2009. Disponível em: <http://e-escola.tecnico.ulisboa.pt/topico.asp?id=576&ordem=3>. Acesso em: 17 maio 2022.

FARIAS L. M.; SELLITTO, M. A. Uso da Energia ao Longo da História: Evolução e Perspectivas Futura. *Revista Liberato*, v. 12, p. 01-10, 2011. Disponível em: https://revista.liberato.com.br/ojs_lib/index.php/revista/article/view/164#:~:text=Nas%20sociedades%20humanas%2C%20a%20energia,aos%20vegetais%2C%20atrav%C3%AAs%20da%20fotos%C3%ADntese. Acesso em: 17 maio 2022.

FÍSICA – Curso de Graduação. *Como se caracteriza o ciclo de Carnot?* Universidade Federal de Santa Maria, 2020. Disponível em: <https://www.ufsm.br/cursos/graduacao/santa-maria/fisica/2020/02/21/como-se-caracteriza-o-ciclo-de-carnot> Acesso em: 05 set. 2022.

FREITAS, R. de O. et al., *Máquinas a Vapor e a Revolução Industrial*. Disponível em: <https://otaviobatista.files.wordpress.com/2014/03/001-mc3a1quinas-a-vapor.pdf>. Acesso em: 21 de dez. 2020.

FREIRE, P. *Educação como Prática da Liberdade*. 3. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1971.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987;

FREIRE, P. *Política e Educação*. São Paulo: Cortez, 1997.

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 7. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1998.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. Atividades Experimentais de Demonstrações em sala de aula. *Investigações em Ensino de Ciências*, p. 227-254, 2005. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/518> Acesso em: 12 dez. 2022.

GASPAR, A. *Atividades Experimentais no Ensino de Física: Uma Nova Visão na Teoria de Vigotski*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014 (coleção contextos da ciência).

GIBBS, J. W. *Transactions of the Connecticut Academy*. Volume 2, 1873.

GIBBS, J. W. *Transactions of the Connecticut Academy*. Volume 3, 1878.

GOMES, L. C. A Ascensão e Queda da Teoria do Calórico. *Caderno brasileiro de ensino de Física*, v. 29, n. 3, p. 1030-1073, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29n3p1030/23609>. Acesso em: 25 de dez. 2020.

GOUVEIA, Rosimar. Ciclo de Carnot. 2022. Toda Matéria. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/ciclo-de-carnot/>. Acesso em: 03 abr. 2022.

HOBBSAWM, E. J. *Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo*. 5. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2000.

HODSON, D. Experimentos em ciência e ensino de ciências. *Educational Philosophy and*

Theory, v. 20, n. 2, p. 53-66, 1988. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/action/showCitFormats?doi=10.1111%2Fj.1469-5812.1988.tb00144.x> Acesso em: 12 dez. 2022.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio, *Enseñanza de las Ciencias*, v.12, n. 3, p. 299-313, 1994. Disponível em:

<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21370> Acesso em: 12 dez. 2022.

LAKOMY, Ana Maria. *Teorias Cognitivas da Aprendizagem*. Curitiba: IBPEX, 2008.

LANDERS, D. S. *Prometeu Desacorrentado: Transformação Tecnológica e Desenvolvimento Industrial na Europa Ocidental desde 1750 até a nossa Época*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1994.

LIEB E. H. e YNGVASON, J. *Physics Report* 310, 1, 1999;

LIRA, G. *Introdução à Física Geral*, Santiago, Editorial Edugal, 1957, Seção I.7 Divisão de Física, 6-8.

MAGALHÃES, W. F.; FERNANDES, N. G.; FERREIRA, A. C. *Físico-Química I - Termodinâmica do Equilíbrio*. Curso de Química, Modalidade Educação a Distância. Universidade Federal de Minas Gerais, 2009. Disponível em:

https://www2.ufjf.br/quimicaead/wp-content/uploads/sites/224/2013/05/YAula8_FQI.pdf Acesso em: 05 set. 2022.

MANTUANO, T. A Revolução dos Vapores na Navegação Marítima. In: *Anais do XIII Congresso Brasileiro de História Econômica e História das Empresas*. Niterói, ANPHE, 2017.

MARTINS, R. de A. Mayer e a Conservação de Energia. *Caderno de História e Filosofia da Ciência*, v. 6, p. 63-95, 1984. Disponível em: <http://www.ghc.usp.br/server/PDF/ram-18.PDF>. Acesso em: 12 de jan.2021.

MATOS, M; MORAIS, A. M. Trabalho experimental na aula de ciências físico-químicas do 3º ciclo do ensino básico: Teorias e práticas dos professores. ESSA – Estudos Sociológicos da sala de aula. *Revista de Educação*, v. 12, n. 2, p. 75-93, 2004. Disponível em:

http://essa.ie.ulisboa.pt/ficheiros/artigos/revistas_com_revisao_cientifica/2004_trabalhoexperimentalnasaulas.pdf Acesso em: 12 dez. 2022.

MEDEIROS, A. Entrevista com o Conde Rumford: Da Teoria do Calórico ao Calor como uma Forma de Movimento. *Física na Escola*, v. 10, p.04-16, 2009. Disponível em:

<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol10/Num1/a02.pdf>. Acesso em: 25 de dez. 2020.

MELO, E. S. Atividade experimental na escola. *Revista Virtual Partes*. 2011. ISSN 1678-8419. Disponível em: <https://www.partes.com.br/2011/02/10/atividades-experimentais-na-escola/> Acesso em: 12 dez. 2022.

MICHELENA, J. B.; MORS, P. M. *Física Térmica: Uma Abordagem História e Experimental*. Texto de Apoio ao Professor de Física (Porto Alegre: Editora: UFRGS).

MOREIRA, M. A. et al. *Pesquisa em Ensino: Aspectos Metodológicos*. Instituto de Física – UFRGS, 2003.

MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

MOREIRA M.A. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB, 1999.

MOSLEY, M.; LYNCH, J. *Uma História da Ciência*. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

MOSQUERA, J. J. M. *Vida adulta: Personalidade e desenvolvimento* (3ª ed.). Porto Alegre: Sulina, 1987.

MOSQUERA, J. J. M. *Psicodinâmica do aprender*. 3. ed. Porto Alegre: Sulina, 1984.

MENDOZA, E. *Reflexões sobre a força motriz do fogo*. Nova York: Dover, 1960.

NETO, J. M.; PACHECO, D. Pesquisas Sobre o Ensino de Física no Nível Médio no Brasil. In: NARDI, R. (Org.). *Pesquisas em Ensino de Física*. 2 ed. São Paulo: Escrituras, 2001, p. 15-30.

NOTA POSITIVA.COM. *A máquina à vapor*. 2019. Disponível em: <https://notapositiva.com/a-maquina-a-vapor/#>. Acesso em: 17 mai. 2022.

NUNES, F. N. *Práticas experimentais de óptica para alunos do ensino fundamental utilizando material de baixo custo*. 2015. 71f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física), Universidade Federal Rural do Semiárido - UFERSA, Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF, Mossoró, 2015. Disponível em: <https://mnpes.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/94/2017/02/MNPEF-UFERSA-Francisco-Nascimento-Nunes.pdf> Acesso em: 12 dez. 2022.

NUSSENZVEIG, M. *Curso de Física Básica*. vol. 2, 4. ed. Rio de Janeiro: Blucher. 2010.

OLIVEIRA, A. L. et al. *Referencial Curricular de Física Para o Ensino Médio*. Secretaria da Educação. Goiânia-GO, 2009.

OLIVEIRA, M. J. *Equilibrium Thermodynamics*. 2. ed. Berlin: Springer, 2017.

OLIVEIRA, M. J. Elementary Concepts and Fundamental Laws of the Theory of Heat. *Brazilian Journal of Physics*, v. 48, p. 299-313, 2018. Disponível em: <http://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018BrJPh..48..299D/abstract> Acesso em: 12 dez. 2022.

OLIVEIRA, M. J. Equipartition of energy, Avogadro law and ratio of specific heats. *Revista Brasileira de Ensino de Física* (Online), v. 41, p. e20180307, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/sqbKjfQ4KtLVHYvdNsRzBkB/?lang=en> Acesso em: 12 dez. 2022.

OSHIMA, F. Y. *OCDE revela que mais da metade dos adultos brasileiros não tem ensino médio*. Época, 2015. Disponível em: <https://epoca.oglobo.globo.com/vida/noticia/2015/11/ocde-revela-que-mais-da-metade-dos->

[adultos-brasileiros-nao-tem-ensino-medio.html](#) Acesso em: 14 mai. 2022.

PÁDUA, A. B. de; PÁDUA, C. G. De; SILVA, J. L. C. *A História da Termodinâmica Clássica: Uma Ciência Fundamental*. Londrina: EDUEL, 2009.

PASCOAL, A. S. *A Evolução Histórica da Máquina Térmica de Carnot como Proposta para o Ensino da Segunda Lei da Termodinâmica*. 2016. 56f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual da Paraíba, João Pessoa, 2016. Disponível em: <http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/tede/2624> Acesso em: 05 jan. 2020.

POZO, J. *Mente humana*. O mundo, consciência e carne. Madrid: Morata, 2001.

POZO, J. *Aprendendo em tempos difíceis*. A nova ciência da aprendizagem. Madrid: Alianza, 2016.

QUADROS, S. *A Termodinâmica e a Invenção das Máquinas Térmicas*. São Paulo: Scipione, 1996.

QUEIRÓS, W. P. *A Articulação das Culturas Humanísticas e Científicas por meio do Estudo Histórico sociocultural dos Trabalhos de James Prescott Joule: Contribuições para a Formação de Professores Universitários em uma Perspectiva Transformadora*. 2012. 355f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, 2012. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/102029/queiros_wp_dr_bauru.pdf?sequence=1 Acesso em: 05 jan. 2020.

QUEIRÓS, W. P.; NARDI, R.; DELIZOICOV, D. A Produção Técnico-científica de James Prescott Joule: Uma Leitura a Partir da Epistemologia de Ludwik Fleck. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 19, p. 99-116, 2014. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/98/69>. Acesso em: 05 jan. 2020.

REZENDE, N. R. *História das Máquinas Térmicas e o Desenvolvimento das Leis da Termodinâmica*. 2021, 69f. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://cursos.ufrj.br/posgraduacao/ppeducimat/files/2021/06/Hist%C3%B3ria-das-m%C3%A1quinas-t%C3%A9rmicas-e-o-desenvolvimento-das-leis-da-Termodin%C3%A2mica.pdf> Acesso em: 05 set. 2022.

ROSA, C. W.; ROSA, A. B. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 4, n. 1, 2005. Disponível em http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N1.pdf Acesso em: 12 dez. 2022.

SANTOS, J. C F. *Transformações cíclicas e máquinas térmicas*. Educação. Física, [s/d]. Disponível em: <http://educacao.globo.com/fisica/assunto/termica/transformacoes-ciclicas-e-maquinas-termicas.html> Acesso em: 05 set. 2022.

SANTOS, Z. T. S. *Ensino de Entropia: Um Enfoque Histórico e Epistemológico*. 2009, 89f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/14221/1/ZanoneTSS.pdf> Acesso em: 05 set. 2022.

SÉRÉ, M.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O Papel da Experimentação no Ensino da Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 21, p. 31-43, 2004.

SILVA JUNIOR, J. S. Escalas termométricas. *Mundo Educação*, [s/d]. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/escalas-termometricas.htm> Acesso em: 05 set. 2022.

SILVA, U. P.; DANTAS, M. J.H. *Dinâmica do Regulador Centrífugo*. Universidade Federal de Uberlândia, 2005. Disponível em: http://arquivo.sbmac.org.br/eventos/cnmac/cd_xxviii_cnmac/posters/185posterCNMAC2005_uziel_silva.pdf Acesso em: 17 mai. 2022.

SILVA, A. P. B.; FORATO, T. C. de M.; GOMES, J. L. de A. M. C. Concepções Sobre a Natureza do Calor em Diferentes Contextos Históricos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 30, p. 492-537, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/21757941.2013v30n3p492/25600>. Acesso em: 01 jan. 2021.

SILVA, C. R.; GOBBI, B. C.; SIMÃO, A. A. O Uso da Análise de Conteúdo como uma ferramenta para a Pesquisa Qualitativa: Descrição e Aplicação do Método. *Organizações rurais e agroindustriais*, Lavras, v. 7, n. 1, p. 70–81, 2005.

SILVA, M. O.; BRAGA, M. A. B. Uma Investigação da Relação entre Ciência e Tecnologia para o Estudo de Máquinas Térmicas Através de uma Aplicação Empírica das Medidas de Atitudes dos Estudantes. In: *Anais - VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Florianópolis: ENPEC, 2009.

SOUZA, R. S.; SILVA, A. P. B. Da.; T. S. ARAÚJO, T. S. James Prescott Joule e o Equivalente Mecânico do Calor: Reproduzindo as Dificuldades do Laboratório. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36, 2014: p. 3301-3309. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v36n3/09.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2021.

SOUZA, C. E. *Máquinas Térmicas*. 2017. 62 slides. Disponível em: https://cursos.if.uff.br!/fisica3-0117/lib/exe/fetch.php?media=cap19_1-2017.pdf. Acesso em: 17 abr. 2022.

SOMMERFELD, A. *Thermodynamics and Statistical Mechanics*. New York: Academic Press, 1956.

TAVARES, L. A. *James Watt: A Trajetória que Levou ao Desenvolvimento da Máquina a Vapor Vista por seus Biógrafos e Homens de Ciências*. 2008. Dissertação (Mestrado em História da Ciência), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2008. Disponível em: <https://sapientia.pucsp.br/bitstream/handle/13407/1/Luiz%20Alberto%20Tavares.pdf> Acesso em: 17 abr. 2022.

VIEIRA, J. E.; MIGUEL, Y. Z.; COSTA, V. M. Física e Química Integradas no Ensino Fundamental. *V Encontro Estadual de Ensino de Física - RS*. Porto Alegre, 2013.

VIENNOT, L. *Raciocínio em Física*. A contribuição do senso comum. A. Madrid: Machado books SA, 2002.

VIENNOT, L. *Física, para entender*. Les Ulis: EDP Sciences, 2021

VOSNIADOU, S. *Desenvolvimento Humano*. 2007.

VOSNIADOU, S. *Segundo Manual Internacional de Educação em Ciências*. 2012.

ZONA DE DESENVOLVIMENTO PROXIMAL (ZDP). *Wordpress*. Disponível em: <https://piagetvygostky.wordpress.com/> Acesso em: 05 set. 2022.

Referências - Youtube

YOUTUBE. *Termoscópio de Galileu*. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=GCo43_qz0TE. Obtido em: 20/02/2022;

YOUTUBE. *Barquinho pop-pop*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=QHcXqpYgJ8M>. Obtido em: 20/02/2022;

YOUTUBE. *Máquina térmica*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=jywA55Fie4Q>. Obtido em: 20/02/2022;

YOUTUBE. *Calorímetro caseiro*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3MFM4wXZUoQ>. Obtido em: 20/02/2022;

YOUTUBE. *Simulador de dados de termodinâmica*. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties_pt_BR.html. Obtido em: 20/02/2022.

APÊNDICES

APÊNDICE A O PRODUTO EDUCACIONAL

ÉRICA APARECIDA CÂNDIDA BARBOSA

**O ENSINO DE CONCEITOS
TERMODINÂMICOS POR MEIO
DA EXPERIMENTAÇÃO EM
SALA DE AULA**

ÉRICA APARECIDA CÂNDIDA BARBOSA

**O ENSINO DE CONCEITOS TERMODINÂMICOS POR MEIO DA
EXPERIMENTAÇÃO EM SALA DE AULA**

Produto Educacional apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física pelo Instituto de Física da Universidade Federal de Catalão - UFCAT.

Orientador: Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva

Catalão, GO.

Outubro / 2022

1 PRODUTO EDUCACIONAL

1.1 A quem se destina o produto educacional

O presente produto educacional destina-se ao enriquecimento do processo de ensino e aprendizagem de alunos e professores, capacitando-os a utilizarem de forma simplificada e prática os conceitos da termodinâmica em uma sala de aula. Desta forma, escolheu-se como instituição de ensino para vivência experimental deste estudo a escola Estadual CEJA situada na cidade de Caldas Novas, GO. O público-alvo centrou em uma turma do Segundo Ano do Ensino Médio, composta por 35 alunos. Assim, foram aplicadas, através de uma sequência didática, atividades complementares da disciplina Ciências (Física) de modo a compreender os conceitos físicos da Termodinâmica dentro de uma visão histórica. Dentre os experimentos realizados, estão o Termoscópio de Galileu, o Barquinho a Vapor (Barquinho Pop-Pop), a Máquina Térmica e o Calorímetro.

O tema abordado levou em consideração a grande dificuldade encontrada pelos professores em transmitir o conteúdo eficazmente e a dificuldade de compreensão do mesmo por parte dos alunos, o que os leva a ter um rendimento insatisfatório nas avaliações, principalmente as externas, tais como o SAEGO (Sistema de Avaliação Educacional do Estado de Goiás), o SAEB (Sistema de Avaliação da Educação Básica), o ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), a OBF (Olimpíada Brasileira de Física), as ONC (Olimpíadas Nacionais de Ciências), entre tantas outras.

Em geral, observa-se que aulas práticas são cansativas em razão de ser indispensável empenho para realização de atividades que trazem soluções, além do aperfeiçoamento de propostas com inovações. Tudo isso acarreta trabalho maior que o normal exigido pelas aulas teóricas, levando os alunos a terem comportamentos extravasados, conduzindo-os a uma certa indisciplina trazida pela euforia de um ambiente diferente e, também, de um contato maior com os colegas de sala. Por isso, muitos professores optam pela não utilização de práticas experimentais no desenvolvimento de suas aulas. Contudo, à medida que a metodologia vai sendo desenvolvida, com comprometimento e insistência por parte do professor, o baixo rendimento dos alunos e a indisciplina dos mesmos são superados. Nessa visão, é importante fazer um acordo, negociar, ouvir os alunos, expor a proposta metodológica e deliberar funções aos estudantes antes de iniciar os trabalhos.

Esta organização baseia-se em fazer uma investigação prévia dos conhecimentos já adquiridos pelos alunos acerca do conteúdo, bem como o planejamento sequencial de

montagem e exposição de experimentos, levando-se em consideração um caminho teórico que oportuniza conhecimentos no momento da prática.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

A necessidade por um transporte mais eficiente acompanhou o desenvolvimento das indústrias e, também, da Termodinâmica. Com o aumento na produtividade e com a globalização do mercado, foi preciso desenvolver formas capazes de transportar grandes quantidades de mercadoria e de maneira mais rápida. Um grande salto para o desenvolvimento de tecnologia para este setor ocorreu justamente quando James Watt se interessou pela tecnologia de motores a vapor. Ele percebeu que os projetos de motores contemporâneos desperdiçavam uma grande quantidade de energia repetidamente resfriando e reaquecendo o cilindro. Watt introduziu um aprimoramento de projeto, o condensador separado, que evitou esse desperdício de energia e melhorou radicalmente a potência, a eficiência e a relação custo-benefício dos motores a vapor, dando início à Revolução Industrial, no final do século XVIII.

Já no início do século XIX, Richard Trevithick (13 de abril de 1771 - 22 de abril de 1833), um apaixonado por motores a vapor e uma figura notável desta revolução, concebeu a primeira locomotiva, que em 21 de fevereiro de 1804 na comunidade de Penydarren, no País de Gales, fez sua viagem inaugural. Naquele dia, tracionou dez toneladas de ferro e setenta pessoas acomodadas em cinco vagões. O trajeto de Penydarren para o Canal Merthyr-Cardiff possuía, aproximadamente, 16 quilômetros e foi cumprido em quatro horas e cinco minutos. A locomotiva chegou a atingir velocidades de quase cinco quilômetros por hora (MATA, 2018).

A partir desse contexto, conforme posto por Mata (2018), convidamos vocês a responderem: De que forma as máquinas térmicas foram importantes para a Revolução Industrial? Como você imagina que funciona uma máquina térmica? E uma locomotiva? Quais impactos sociais e ambientais a invenção da locomotiva por Richard Trevithick causou em sua época? E nos dias de hoje, o que você sugere para melhorar as condições de deslocamento da população de forma mais eficiente e sustentável?

3 JUSTIFICATIVA

A Termodinâmica é um conteúdo existente no cotidiano das pessoas que, paulatinamente, com o passar dos anos, adentrou a vida modernizada da contemporaneidade, baseado no fato de que o calor e sua propagação está relacionado com quase tudo. Desta forma, sabe-se que calor é uma grandeza que existe quando há uma diferença de temperatura entre dois ou mais corpos em contato, e, dessa diferença de temperatura, origina-se uma energia que é transferida do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura, ou seja, é a transferência de energia térmica que flui de um corpo para o outro.

A construção desse produto educacional torna-se viável do ponto de vista científico, onde insere-se um novo olhar sobre o Ensino da Física, propondo ações utilizando materiais de fácil acesso e aproximando conceitos da Termodinâmica numa perspectiva histórica. Desta forma, rompendo as barreiras e paradigmas que dificultavam o entendimento da Física e dos processos de experimentações da Termodinâmica, o aluno, a partir de atividades estruturadas, poderá construir saberes práticos. Assim, a Termodinâmica e todo o universo que a envolve foi pensada dentro de uma égide que promoveu o conhecimento aplicável, desmitificando a ideia de que a Física é algo distante e de difícil compreensão.

4 METODOLOGIA

O Método é conceituado por Chauí (1994) como sendo um conjunto de técnicas e procedimentos que utilizam um caminho seguro em busca do conhecimento. Assim, na visão da autora, o método pode ser considerado uma via de acesso que tem por objetivo discernir a direção que se pretende ir. O método assimila um percurso junto com outros métodos em busca de orientar o pesquisador diante do rumo e objetivo que pretende alcançar a partir dos riscos e pesquisas teóricas que norteiam o caminhar (CHAUÍ, 1994).

Desta forma, o marco metodológico centra-se na vivência, análise e observação in loco de atividades práticas para a construção de quatro experimentos relacionados com a Termodinâmica, contemplando a Física na prática e as suas peculiaridades históricas.

O enfoque principal deste estudo parte da necessidade de se estabelecer uma conexão entre a Ciência, especialmente a Física, e a prática na escola evidenciando a termodinâmica dentro de uma perspectiva histórica.

Quanto ao tipo de investigação, este estudo se refere aos processos de construção de saberes práticos associados à termodinâmica dentro da escola como meio de otimizar os processos de uma efetiva aprendizagem científica (Física). Assim, a partir da pesquisa experimental de campo, construiu-se quatro experimentos com a verificação da situação real

que ocorre dentro da escola CEJA nas aulas de Ciências. Os experimentos Termoscópio de Galileu, o Barquinho a Vapor (Barquinho Pop-Pop), a Máquina Térmica e o Calorímetro serviram de comprovação científica das infinitas possibilidades de se agregar teoria e prática na escola. Este estudo, além de experimental, é, também, definido como um estudo descritivo pelo fato de objetivar, a partir das dinâmicas e inter-relações de um grupo de 35 alunos do 2º Ano do Ensino Médio, buscando soluções práticas para tal, compreender sobre a termodinâmica através de aulas práticas como meio de assegurar que o aluno nessa fase tenha conhecimento efetivo, vinculando a prática à teoria nas aulas de Física.

Dessa forma, através da abordagem histórica e crítico-social, faz-se uma reflexão sobre a realidade do processo educacional de alunos por meio de uma análise situacional, onde é possível reconhecer o problema e objetivar um plano de ação com projeções para o futuro, viabilizando os processos da termodinâmica numa propositura de elevar o pensamento acerca das possibilidades da educação em transformar o complexo em prático e aceitável do ponto de vista pedagógico, científico e educativo.

4.1 Delimitação

4.1.1 Temporal

As buscas em bases documentais foram feitas em agosto de 2019. A coleta de dados e a observação na instituição escolhida foram feitas nos meses de janeiro a dezembro de 2020, sendo tempo proficientemente necessário para conclusão deste trabalho.

4.1.2. Espacial

A pesquisa bibliográfica foi realizada nas bases de dados *SCIELO*, em revistas relacionados ao tema trabalhado e em repositórios institucionais que abrigam monografias e dissertações. Os dados foram coletados no CEJA na cidade de Caldas Novas, GO.

4.1.3 Problema

A população se compõe de 35 alunos do 2º Ano do Ensino Médio. O estudo visa compreender e problematizar os principais avanços, contradições e desafios vivenciados pelos

professores e alunos quanto ao ensino prático da Física, mais especificamente quantos aos conceitos físicos e históricos da Termodinâmica em sala de aula.

4.1.4 Amostra

Nesta investigação, uma amostra representativa é considerada como aquela que tem todos os elementos característicos da população – alunos do 2º Ano do Ensino Médio.

4.1.5 Critérios para a inclusão

Foram incluídos 35 alunos de uma única turma do Ensino Médio, onde foram propostas atividades a partir de uma sequência didática para a construção de quatro experimentos: Termoscópio de Galileu, o barquinho a vapor (barquinho pop-pop), a máquina térmica e o calorímetro, tendo como base o emprego dos conceitos físicos da Termodinâmica.

4.1.6 Amostra utilizada

Foi utilizada a amostragem intencional a partir da análise da vivência diária de atividades no 2º Ano do Ensino Médio da instituição educacional pertencente ao Estado de Goiás, na cidade de Caldas Novas. Desta forma, realizou-se o emprego coerente de uma experimentação onde foi possível compreender os processos que antes eram vistos apenas na teoria nas disciplinas de Ciências e Física. Desta forma, dentro de um contexto articulado com a matriz curricular, empregou-se as experimentações acima descritas.

4.1.7 Hipóteses

Pode-se afirmar ser importante que o professor observe o espaço onde acontecerá o momento das aulas práticas, tendo em mente as estratégias metodológicas e os conceitos físicos da Termodinâmica para promovê-la.

4.1.8 Técnicas e instrumentos de coleta de dados

As técnicas e instrumentos de coletas de dados estão transcritas abaixo e, conforme Gil (2008), esta fase tem a intenção de recolher informações previamente elaboradas sobre o processo e inclui o levantamento de várias fontes de dados.

Dessa forma, para a elaboração do presente estudo, serão utilizados os métodos qualitativos, exploratório aliado à pesquisa descritiva. Para tanto, serão observadas in loco como se constitui o acesso às aulas de Ciência, Física e os conceitos da termodinâmica e as possibilidades de vivenciá-los na prática em sala de aula.

4.1.9 Análise documental

Como primeiro momento, foi realizada uma pesquisa em bancos de dados de trabalhos indexados e submetidos à aprovação como: artigos, dissertações, teses, estudos originais e bibliográficos. Posteriormente, foi feito um questionamento com os alunos acerca de alguns conceitos da Termodinâmica através de teorias consistentes. Logo após, houve um estudo de exploração e de investigação da realidade, cujo objetivo foi “proporcionar uma maior familiaridade com o problema, com o fim de fazer mais explícita a construção da hipótese” (GIL, 2008). Portanto, a investigação de campo contribuiu significativamente para se alcançar os objetivos pretendidos neste estudo que se estrutura de modo a compreender como se dão os processos da termodinâmica e da física e ciências em geral no cotidiano da educação do CEJA, levando em consideração a importância das atividades práticas como proposta pedagógica eficiente ao desenvolvimento integral do educando.

5 CRONOGRAMA

Nesta etapa, estão descritas as propostas que foram desenvolvidas tanto nas aulas práticas, teóricas e de investigação, bem como a metodologia utilizada em cada proposta e a avaliação de cada uma. Desta forma, as aulas foram divididas em oito momentos considerados como fases essenciais deste estudo, pelo fato destes abordarem as etapas do estudo tais como a apresentação do material, a discussão e fechamento de acordos, os conhecimentos prévios levantados a partir da aplicação de questionários aos alunos, aulas teóricas, textos históricos, aulas práticas, avaliações e apresentação dos resultados. Todo material confeccionado durante as aulas, bem como os já planejados anteriormente, serão disponibilizados para pesquisas futuras e, também, como materiais de apoio para os anos subsequentes. Assim sendo, o cronograma das atividades desenvolvidas está apresentado na Quadro 4.1.

Quadro 4.1– Cronograma das atividades desenvolvidas.

Momento	Objetivo	Metodologia	Atividade	Avaliação
1	Apresentação da pesquisa aos alunos e aos demais envolvidos na proposta metodológica.	Aula expositiva e dialogada e uso do questionário impresso ou via Google Forms.	Conversa informal para apresentação da pesquisa aos alunos com aplicação do Questionário 1 (Levantamento Socioeconômico).	Participação na discussão em grupo.
2	Levantamento dos conhecimentos prévios.	Aplicação de um questionário de sondagem, impresso ou via Google Forms, para conhecer o perfil dos alunos com questões pessoais sobre Termodinâmica e atividades experimentais.	Aplicação do questionário 2 a fim de conhecer a turma e conhecimentos prévios sobre o tema proposto.	Participação e comprometimento com a pesquisa.
3	Ministração da aula de caráter teórico sobre o conteúdo.	Aula expositiva, dialogada com uso de Data show, Google Meet, Zoom, Google Classroom, Google Forms.	Explanação dos conceitos científicos acerca do conteúdo de Calorimetria.	Comprometimento e envolvimento nas discussões da aula.
4	Aplicação da atividade experimental referente ao conteúdo.	Apresentação das atividades práticas.	Aula prática com construção e apresentação da experiência.	Comprometimento e envolvimento na construção do experimento em sala aula.
5	Ministração de aula de caráter teórico sobre o conteúdo.	Aula expositiva, dialogada com uso de Data show, Google Meet, Zoom, Google Classroom, Google Forms.	Explanação dos conceitos científicos acerca do conteúdo de Calorimetria.	Comprometimento e envolvimento nas discussões da aula.
6	Aplicação da atividade experimental referente ao conteúdo.	Apresentação das atividades práticas.	Aula prática com construção e apresentação da experiência.	Comprometimento e envolvimento na construção do experimento em sala aula.
7	Levantamento das ideias concretizadas pós aulas (Questionário).	Preenchimento do questionário escrito.	Questionário 3 (Reaplicação do Questionário 2).	Preenchimento da atividade e comprometimento com a pesquisa.
8	Discussão e apresentação dos resultados aos alunos.	Discussão em sala sobre os resultados da atividade prática realizada.	Discussão informal acerca dos resultados obtidos.	Participação na discussão em grupo.
9	Avaliação deste instrumento utilizado (Sequência Didática) e Resultado Final	Explicar sobre as aprendizagens dos alunos no que se refere à satisfação dos mesmos sobre os conteúdos abordados nesta sequência didática.	Espera-se que todos os alunos tenham compreendido o conteúdo a partir de uma ótica pautada na criticidade.	Preenchimento de formulário Google Forms.

Fonte: A autora (2022).

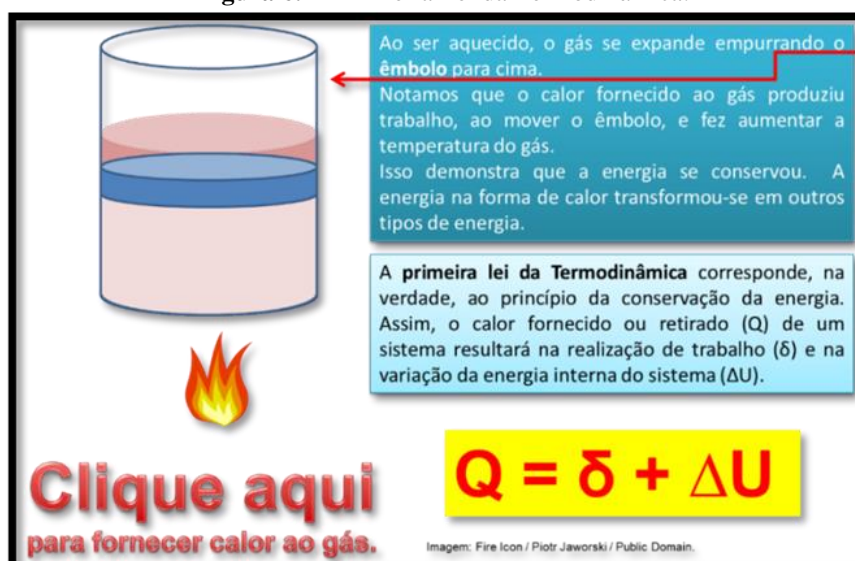
5.1 Descrições das atividades teóricas, práticas e levantamentos

5.1.1 Momento 1 – O primeiro momento desta aula foi destinado à apresentação da pesquisadora à classe a partir de uma conversa informal com a turma (segundo ano), para exposição da proposta de trabalho. Após esta conversa, dialogou-se acerca da proposta para “fechamento de um contrato” com a turma, pois foi utilizado o espaço deles (a sala de aula) e, assim, foi imprescindível a participação, cooperação e aceitação dos alunos no desenvolvimento das atividades. Nesta aula, foram estabelecidos os critérios para a apresentação dos trabalhos por parte dos alunos: apresentar a História da Ciência envolvendo o experimento, os materiais e a montagem do experimento e, por fim, o conceito físico envolvido no experimento.

6. CONTEÚDO

Na 1ª aula, foi exposto acerca dos conteúdos científicos da Primeira Lei da Termodinâmica, abordando o conceito da Conservação da Energia, onde o calor tanto retirado quanto fornecido de um sistema resulta na realização de trabalho e na variação da energia que se encontra internamente no sistema.

Figura 6.1 – Primeira Lei da Termodinâmica.



Fonte: A autora (2021).

O trabalho realizado pelo gás ao se comprimir e expandir gera uma variação de volume positiva e negativa que permite aos estudantes compreender como a força produzida desloca o êmbolo, assim como demonstrado na Figura 6.2.

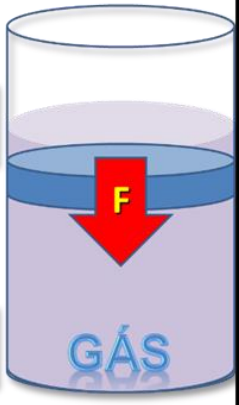
Figura 6.2 – Trabalho realizado pelo e sobre o gás.

Trabalho realizado pelo gás ($\delta > 0$)

Quando o gás se expande, temos uma variação de volume positiva ($\Delta V > 0$). Então dizemos que o gás realizou trabalho ($\delta > 0$), pois é a força do gás que desloca o êmbolo.

Trabalho realizado sobre o gás ($\delta < 0$)

Quando o gás é comprimido, temos uma variação de volume negativa ($\Delta V < 0$). Então dizemos que o trabalho foi realizado sobre o gás ($\delta < 0$), pois uma força externa desloca o êmbolo.



Fonte: A autora (2021).

A Energia Interna (u) também foi explanada na 2ª aula, onde os alunos tiveram noção de que a variação da energia interna do gás está ligada à sua temperatura. Assim, foram expostos os cálculos da física que respondem a esse fenômeno como explicita a Figura 6.3.

Figura 6.3 – Energia interna (u).


Energia Interna (U)

A energia interna de um gás está diretamente relacionada com sua temperatura. Assim, uma variação na temperatura do gás indicará variação de sua energia interna (ΔU). Para moléculas monoatômicas, tem-se:

$$U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot T$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot n \cdot R \cdot \Delta T$$

n – número de mols do gás;
 R – constante universal dos gases (8,31 J/mol.K);
 T – temperatura do gás.



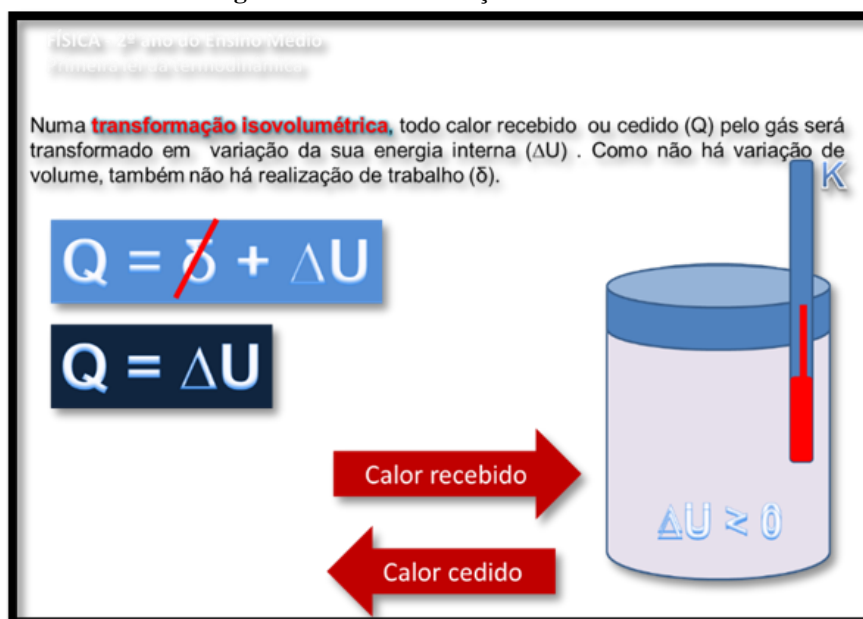
Imagens: Fire Icon / Piotr Jaworski / Public Domain.

Fonte: Adaptado do Google imagens (2021).

A transição isovolumétrica⁴ foi explicada e exemplificada nesta aula, informando aos alunos que todo o calor recebido ou expelido pelo gás se transformará em variação da energia interna e, quando não há variação do volume, também não existirá a realização do trabalho, como demonstrado na Figura 6.4.

⁴ Uma transição isovolumétrica ocorre quando se mantém o volume constante e se variam a temperatura e a pressão de um gás com massa fixa.

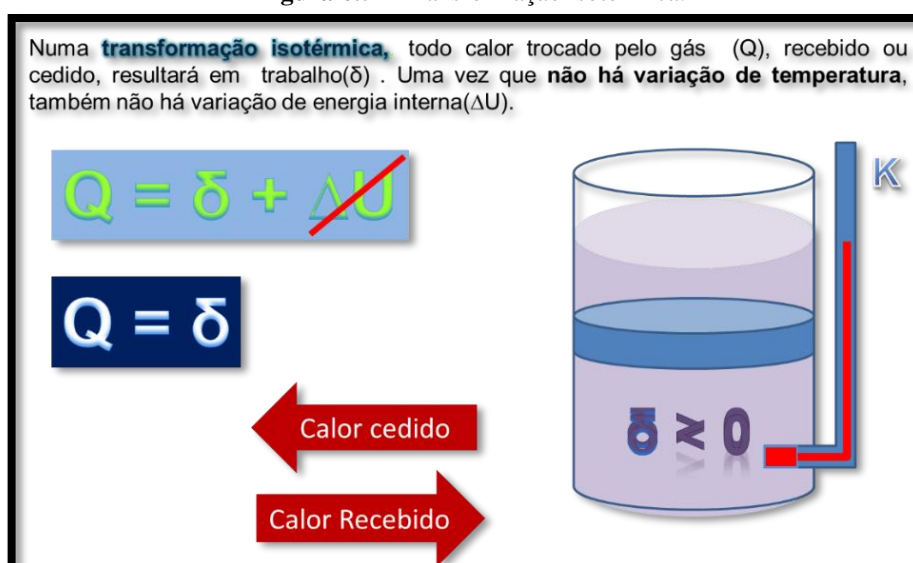
Figura 6.4 – Transformação isovolumétrica.



Fonte: A autora (2021).

Na 3ª aula, conforme ilustra a Figura 6.5, abordou-se sobre a transformação isotérmica⁵. Nesta aula, os alunos puderam entender que todo o calor fornecido, cedido ou trocado pelo gás resultará em trabalho e, se não houver a variação de temperatura, também não existirá variação de energia interna.

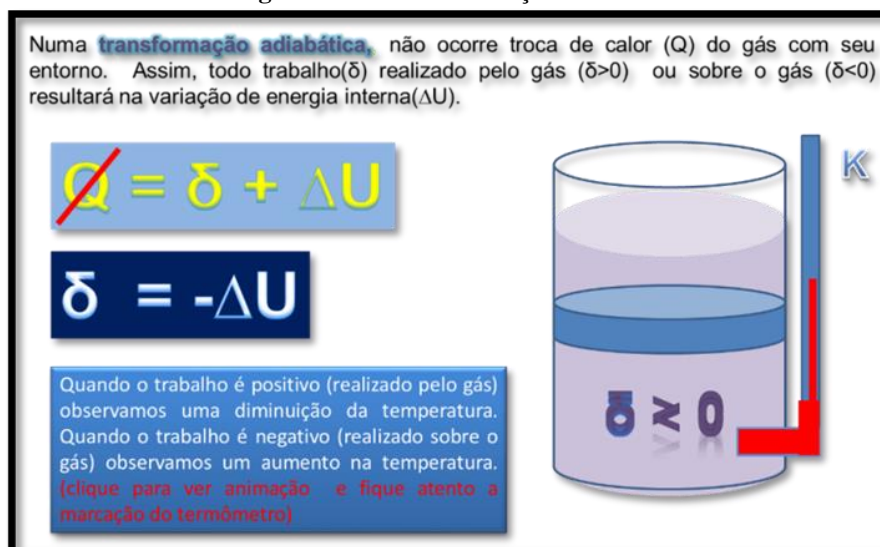
Figura 6.5 – Transformação isotérmica.



Fonte: A autora (2021).

⁵ Pode ser definida como a transformação gasosa em que a temperatura do sistema permanece constante, ocorrendo variações apenas na pressão e no volume do gás.

Figura 6.6 – A transformação adiabática.



Fonte: A autora (2021).

Por meio da Figura 6.6, foi explicado aos alunos como ocorre a transformação adiabática⁶, onde não há a troca de “calor” do gás com seu entorno.

AVALIAÇÃO

Na 4^a aula, a avaliação foi realizada com base em todo o material que foi exposto nas aulas. As perguntas foram feitas de forma oral, onde os alunos participaram falando o que compreenderam sobre os fenômenos em torno da Primeira Lei da Termodinâmica, a Calorimetria, o uso do gás e as transformações isovolumétricas, isotérmicas e adiabáticas.

6.1. AULA 01

AULA 01			
TEMA	DURAÇÃO	OBJETIVOS	HABILIDADES
Conhecendo a turma	01 Aula com duração de 30 minutos.	Conhecer o público-alvo a que se destina este estudo.	Verificação das condições socioeconômicas dos alunos.
CONTEÚDO	ESTRATÉGIA	RECURSOS	AVALIAÇÃO
Levantamento socioeconômico.	Aplicar via Google Forms um questionário (Questionário I – Apêndice C a fim de conhecer a realidade socioeconômica, principalmente o acesso a	Questionário no Google Forms.	A avaliação realizada nesta aula foi a observação quanto a participação dos alunos no comprometimento deles

⁶ A transformação adiabática ocorre quando um gás se expande ou sofre compressão com velocidade rápida o suficiente para que as trocas de calor entre ele e suas vizinhanças sejam desprezíveis.


	tecnologias por parte dos alunos.		com a pesquisa.
SUGESTÃO DE DESENVOLVIMENTO			
Esta aula visa conhecer um pouco mais da vida social e econômica dos alunos. O questionário (Apêndice C), contém perguntas acerca da situação socioeconômica dos envolvidos. Não foi cobrado a identificação dos alunos no questionário.			

6.2 AULA 02


AULA 02			
TEMA	DURAÇÃO	OBJETIVOS	HABILIDADES
Noções introdutórias sobre as atividades propostas neste Plano de Ensino	2 aulas com 50 minutos de duração.	<ul style="list-style-type: none"> - Proporcionar aprendizagens práticas acerca de conteúdos da Física; - Levantar questionamentos que informem sobre os conhecimentos prévios dos alunos acerca de alguns conceitos físicos da Termodinâmica. 	Verificação acerca dos conhecimentos de alguns conceitos físicos da Termodinâmica como elemento da física vivenciada em situações práticas do cotidiano dos alunos.
CONTEÚDO	ESTRATÉGIA	RECURSOS	AValiação
Evolução Histórica da Termodinâmica.	Realizar uma aula informativa sobre a definição da Termodinâmica e suas características de evolução ao longo do tempo para que o aluno compreenda que esta pode ser vivenciada na prática com uso de materiais simples.	Notebook, data show, livro didático, Internet e questionário (Questionário II, Apêndice D) no Google Forms.	A avaliação realizada nesta aula foi a observação quanto a participação dos alunos na discussão em grupo e o comprometimento deles com a pesquisa.
SUGESTÃO DE DESENVOLVIMENTO			
<p>Nesta aula, deve-se explicar sobre o conhecimento prévio do aluno sobre alguns conceitos físicos da Termodinâmica, a fim de detectar quais conhecimentos prévios eles possuíam sobre esse conteúdo da física. A aula deve ter caráter expositivo e dialogado aliada ao uso do questionário impresso ou via Google Forms para levantamento prévio dos conhecimentos dos alunos acerca do conteúdo apresentado.</p> <p>Após a apresentação do tipo de estudo, deve-se dar a segunda aula com duração de 50 minutos, onde comentar-se-á a Evolução Histórica da Termodinâmica. Esta aula pode ser desenvolvida com o uso de slides (Figura 5.7), contendo figuras explicativas para facilitação da compreensão da proposta de ensino. Além disso, pode-se apresentar a imagem do experimento criado por Heron de Alexandria, que desde a antiguidade aproveitava o calor para produção de movimento. A ideia utilizada por ele baseava-se na criação de um aparelho que evidenciava a força motriz para produzir vapor d'água.</p> <p>O experimento proposto por Heron teve como princípio a utilização do vapor d'água, gerando a criação de máquinas térmicas que revolucionaram na metade do Sec. XVIII a forma de pensamento das pessoas no que se refere à produção de bens. Assim, os alunos devem ser informados sobre a transformação que eles fariam convertendo energia térmica em energia mecânica.</p>			

Figura 6.7 – Aula expositiva sobre a termodinâmica presente na antiguidade.

FÍSICA 2º ano do Ensino Médio
Tema: Energia Termodinâmica




A ideia de aproveitar o calor para produzir movimento (trabalho) é bem antiga. Heron de Alexandria (10 d.C. a 70 d.C.) já propunha em sua aeolipila tal aproveitamento.




Esta ideia ganhou a forma de máquinas térmicas e revolucionou, na segunda metade do século XVIII, a maneira pela qual as pessoas se relacionam e produzem seus bens.

Imagens:
Eolípila: Katie Crisalli para a U.S. Air Force / United States public domain.
Heron de Alexandria: Autor desconhecido / United States public domain.



Imagens:
À Esquerda, Sala de máquinas penteadeiras a vapor Heilmann / Armand Kohl / Public domain.
À Direita, Locomotiva a vapor / Don-kun / Public domain.



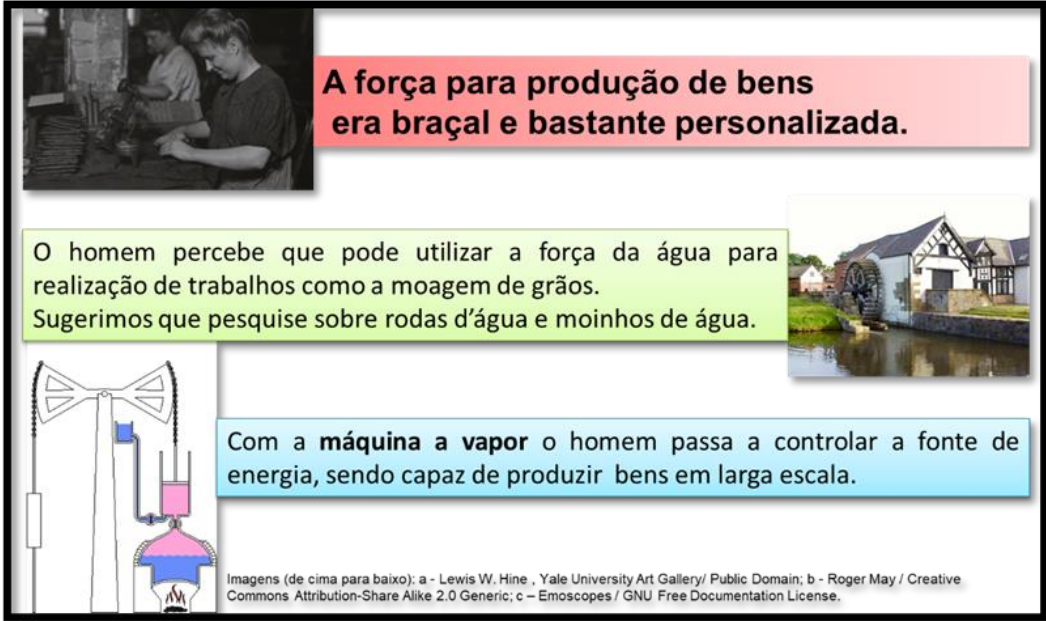
Fonte: A autora (2021).

Como apresentado acima (Figura 6.7), buscou-se construir slides informativos dotados de diferentes recursos: imagens e textos. Optou-se pela inserção de pouco conteúdo textual nas lâminas para que a exposição se tornasse mais dinâmica e menos cansativa.

6.3 AULA 03

AULA 03			
TEMA	DURAÇÃO	OBJETIVOS	HABILIDADES
Calorimetria	1 aula com duração de 50 minutos.	- Desenvolver aprendizagens através da calorimetria; - Proporcionar momentos de experimentação a partir dos conteúdos teóricos trabalhados na aula anterior.	Experimentação com a proposta da construção de uma Máquina Térmica.
CONTEÚDO	ESTRATÉGIA	RECURSOS	AVALIAÇÃO
Calorimetria na prática.	Foi apresentada à turma, através de aulas expositivas, como deveria ser a criação da usina térmica.	Notebook, Datashow, latinha de refrigerante, ventoinha, fósforo, água, livro didático.	A avaliação realizada nesta aula deu-se a partir de análises sobre o comprometimento e envolvimento do aluno na construção do experimento em sala de aula.
SUGESTÃO DE DESENVOLVIMENTO			
Nessa aula, conforme Figura 6.8, deve-se discorrer sobre os conceitos científicos acerca do conteúdo de Calorimetria, abordando acerca da utilização da força para a produção de bens. Assim, o homem percebe que a partir do uso da máquina a vapor, há maior produção de bens.			

Figura 6.8 – Conceitos científicos relacionados à Calorimetria



A força para produção de bens era braçal e bastante personalizada.

O homem percebe que pode utilizar a força da água para realização de trabalhos como a moagem de grãos. Sugerimos que pesquise sobre rodas d'água e moinhos de água.

Com a **máquina a vapor** o homem passa a controlar a fonte de energia, sendo capaz de produzir bens em larga escala.

Imagens (de cima para baixo): a - Lewis W. Hine , Yale University Art Gallery/ Public Domain; b - Roger May / Creative Commons Attribution-Share Alike 2.0 Generic; c - Emoscopes / GNU Free Documentation License.

Fonte: A autora (2021).

Pode-se propor a realização do experimento da Usina Térmica a partir das ideias descritas no livro intitulado “Física, mais que divertida” do professor Eduardo Campos Valadares. A proposta do presente experimento consiste no aquecimento da lata de refrigerante contendo água, com um furo superior, onde à frente se inseriu uma ventoinha com a função de turbina, como ilustra a Figura 6.9.

Figura 6.9 – Aula para construção de uma usina térmica.

FÍSICA - 2º ano do Ensino Médio
Primeira Lei da Termodinâmica

Experimente você mesmo!

No livro *Física mais que divertida*, do professor Eduardo Campos Valadares (Ed. UFMG), encontramos um experimento denominado “Usina Térmica”. A experiência consiste em aquecer uma lata de refrigerante contendo água e um furo na parte superior. Bem a frente do furo deve ser colocada uma turbina (ventoinha).



Imagem: SEE-PE redesenhada com base em http://www.feiradeciencias.com.br/sala08/08_08.asp

Este é um bom exemplo de transformação de energia térmica em energia mecânica, ou seja, calor em movimento.

Imagem: Arturo D. Castillo / Creative Commons Attribution 3.0 Unported.

Fonte: A autora (2021).

6.4 AULA 04

AULA 04			
TEMA	DURAÇÃO	OBJETIVOS	HABILIDADES.
Primeira Lei da Termodinâmica	01 aula com duração de 50 min.	- Obter conhecimentos práticos sobre a Primeira Lei da Termodinâmica; - Compreender sobre a transformação da energia em forma de calor em outros tipos de energia.	Aquisição de conhecimentos teóricos e práticos sobre a Primeira Lei da Termodinâmica, tendo como ponto de partida a noção de que a conservação da energia produz outros tipos de energia.
CONTEÚDO	ESTRATÉGIA	RECURSOS	AValiação
Primeira Lei da Termodinâmica.	Foram utilizados aqui slides para exposição sobre a Primeira Lei da Termodinâmica, de forma que o aluno compreendesse cientificamente como ocorre o armazenamento de energia e a transformação de uma energia em outras.	- Datashow, internet, Google Classroom.	- Avaliação processual tendo como base o envolvimento e a participação efetiva dos estudantes.
SUGESTÃO DE DESENVOLVIMENTO			
Essa aula possui caráter expositivo em que, através do uso de slides, deve-se buscar envolver os estudantes por meio do estabelecimento de relações entre o conteúdo e fenômenos comuns no cotidiano.			

6.5 AULA 05

AULA 05			
TEMA	DURAÇÃO	OBJETIVOS	HABILIDADES
Experimentação com a aplicação da transformação adiabática.	01 aula com duração de 50 min.	- Promover conhecimento a partir do uso de objetos simples para explicar alguns conceitos físicos da Termodinâmica; - Realizar experimentação de modo a compreender sobre a transformação adiabática.	Conceitos necessários aos saberes inerentes às transformações isotérmicas, isovolumétrica e adiabática.
CONTEÚDO	ESTRATÉGIA	RECURSOS	AValiação
Compressão e expansão adiabática	Nesta aula, foi proposto o uso de uma bola com a bomba de ar para enchê-la e um desodorante aerossol para explicar como ocorrem a compressão e a expansão adiabáticas.	- Bola; - Bomba de ar; - Desodorante aerossol.	Para avaliar esta etapa do trabalho, verificou-se o aprendizado dos estudantes com relação à expansão adiabática.
SUGESTÃO DE DESENVOLVIMENTO			

Nesta aula, deve ser ministrado o conteúdo a partir do que foi exposto na aula anterior. Assim, os alunos deverão ser orientados a encherem uma bola com o uso de uma bomba, o que, devido à compressão adiabática, gerará calor. Outro exemplo que pode ser mostrado na prática para os alunos consiste na expansão adiabática com o uso do aerossol em que a expansão do gás diminui a temperatura, como demonstrado na Figura 6.11.

Figura 6.11 – Compressão e expansão adiabáticas.

Experimente você mesmo!

Ao encher uma bola fazendo movimentos rápidos na bomba, notamos o aquecimento da mesma. Isto acontece porque o ar, uma vez comprimido rapidamente, eleva sua temperatura. Como o processo é rápido, não há tempo para troca de calor com o meio externo. Trata-se de uma compressão adiabática.

Um outro exemplo, contrário ao anterior, mas que ilustra o mesmo tipo de transformação, é o uso do aerossol. Ao mantê-lo pressionado por algum tempo, notamos o resfriamento da lata. A expansão do gás produz uma diminuição de sua temperatura. Trata-se de uma expansão adiabática.





Imagens (de cima para baixo): a – Air pump / Priwo / Public Domain; b – Football / flomar / Public Domain; c – Aerosol / PiccoloNamek / GNU Free Documentation License.

Fonte: A autora (2021).

Nessa aula, deve ser feita uma recapitulação do que foi explanado, resumindo as fórmulas utilizadas para verificar as transformações isotérmicas, isovolumétrica e adiabática, como ilustra a Figura 6.12.

Figura 6.12 – Aula expositiva sobre as fórmulas utilizadas para calcular os fenômenos da física (transformações isotérmicas, isovolumétrica e adiabática).

FÍSICA – 4º ANO DO ENSINO MÉDIO
Primeira Lei da Termodinâmica

Em resumo...

Transformação Isotérmica	→	$Q = \delta$
Transformação Isovolumétrica	→	$Q = \Delta U$
Transformação Adiabática	→	$\delta = -\Delta U$

Fonte: A autora (2021).

6.6 AULA 06

AULA 06			
TEMA	DURAÇÃO	OBJETIVOS	HABILIDADES
Atividades práticas acerca da Primeira Lei da Termodinâmica.	02 aulas com duração de 50 min cada.	- Verificar aprendizagens acerca de conceitos teóricos da Primeira Lei da Termodinâmica; - Compreender sobre as fórmulas utilizadas na física referente à Termodinâmica.	Desenvolver habilidades teórico-práticas em torno dos conhecimentos apresentados durante as aulas que abordaram os conceitos trabalhados na física, mais especificamente os da Primeira Lei da Termodinâmica.
CONTEÚDO	ESTRATÉGIA	RECURSOS	AValiação
- Atividades práticas; - Fórmulas específicas da Termodinâmica.	A estratégia utilizada foi a explanação do conteúdo em forma de atividades práticas, oportunizando o aluno a realizar os cálculos de cada fórmula associada aos fenômenos da Termodinâmica.	- Aulas no Google Classroom; - Data show; - Atividades práticas.	A avaliação nesta aula tornou possível as análises sobre o engajamento da turma na realização das atividades teóricas acerca do conteúdo ministrado nas aulas, explicando pormenorizadamente os fenômenos que ocorrem na Física, na área da Termodinâmica, incluindo os cálculos e as ações práticas.

SUGESTÃO DE DESENVOLVIMENTO

A aula deve ser iniciada com a explicação de como serão realizadas as atividades com base no que foi estudado anteriormente. Assim, todas as questões da atividade proposta podem ser projetadas através do Datashow. A primeira questão refere-se à transferência de calor a um sistema, num total de 200 calorias e verifica-se que o sistema se expande - realizando um trabalho de 150 joules - e sua energia interna aumenta. Assim, deve-se solicitar aos alunos que leiam o enunciado e respondam: a) considerando $1 \text{ cal} = 4\text{J}$, 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. A segunda pergunta é sobre a quantidade de um gás que é mantida sob pressão constante dentro de um cilindro com o auxílio de um êmbolo pesado, que pode deslizar livremente. O peso do êmbolo mais o peso da coluna de ar acima dele é de 400 N, como ilustra a Figura 6.13.

Figura 6.13 – Questões acerca da Primeira Lei da Termodinâmica.

FÍSICA – 2º ano do Ensino Médio
Fundamentos da Termodinâmica

Vamos resolver juntos!

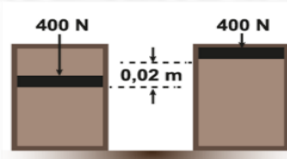
02. (Unesp 1999) Certa quantidade de um gás é mantida sob pressão constante dentro de um cilindro com o auxílio de um êmbolo pesado, que pode deslizar livremente. O peso do êmbolo mais o peso da coluna de ar acima dele é de 400 N.

Uma quantidade de 28 J de calor é, então, transferida lentamente para o gás. Neste processo, o êmbolo se eleva de 0,02 m e a temperatura do gás aumenta de 20 °C.

Nestas condições, determine:

a) o trabalho realizado pelo gás;

b) o calor específico do gás no processo, sabendo-se que sua massa é 0,5 g.



Questão: http://professor.bio.br/fisica/provas_vestibular.asp?origem=Unesp&curpage=26
Imagem: SEE-PE redeseenhada com base em http://professor.bio.br/fisica/provas_vestibular.asp?origem=Unesp&curpage=26

Fonte: A autora (2021).

A terceira pergunta refere-se ao gás natural (GNV: gás natural veicular), utilizado pela frota de veículos nacional, por ser viável economicamente e menos agressivo do ponto de vista ambiental, como mostra a Figura 6.14.

Figura 6.14 – Questões acerca da Primeira Lei da Termodinâmica.

FISICA - 2º ano do Ensino Médio
Primeira Lei da Termodinâmica

Vamos resolver juntos!

03. Nos últimos anos, o gás natural (GNV: gás natural veicular) vem sendo utilizado pela frota de veículos nacional, por ser viável economicamente e menos agressivo do ponto de vista ambiental. O quadro compara algumas características do gás natural e da gasolina em condições ambiente.

Apesar das vantagens no uso de GNV, sua utilização implica algumas adaptações técnicas, pois, em condições ambiente, o VOLUME de combustível necessário, em relação ao de gasolina, para produzir a mesma energia, seria:

- muito maior, o que requer um motor muito mais potente.
- muito maior, o que requer que ele seja armazenado à alta pressão.
- igual, mas sua potência será muito menor.
- muito menor, o que o torna o veículo menos eficiente.
- muito menor, o que facilita sua dispersão para a atmosfera.

	Densidade (kg/m ³)	Poder Calorífico (kJ/kg)
GNV	0,8	50.200
Gasolina	738	46.900

Resposta

Fonte: A autora (2021).

A quarta pergunta refere-se às questões de múltipla escolha sobre a expansão do gás recebendo calor e a variação de energia interna de um gás ideal realizando um determinado trabalho durante uma compressão isotérmica (Figura 6.15).

Figura 6.15 – Questão de expansão do gás e a variação de energia interna na realização de um trabalho de compressão isotérmica.

FISICA - 2º ano do Ensino Médio
Primeira Lei da Termodinâmica

Tente resolver!

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

- aumentou 170 J;
- aumentou 100 J;
- aumentou 30 J;
- diminuiu 70 J;
- diminuiu 30 J.

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

- 80J;
- 40J;
- Zero;
- 40J;
- 80J.

Fonte: A autora (2021).

A quinta pergunta refere-se à transformação adiabática (Figura 6.16), abaixo de um slide exposto na aula durante a aplicação da atividade para os alunos da segunda série do Ensino Médio no CEJA em Caldas Novas, Goiás.

Figura 6.16 – Questões acerca do conteúdo de transformação adiabática

Tente resolver!

06. Um cilindro de parede lateral adiabática tem sua base em contato com uma fonte térmica e é fechado por um êmbolo adiabático pesando 100N. O êmbolo pode deslizar sem atrito ao longo do cilindro, no interior do qual existe uma certa quantidade de gás ideal. O gás absorve uma quantidade de calor de 40J da fonte térmica e se expande lentamente, fazendo o êmbolo subir até atingir uma distância de 10cm acima da sua posição original. Nesse processo, a energia interna do gás:

- a) diminui 50 J;
- b) diminui 30 J;
- c) não se modifica;
- d) aumenta 30 J;
- e) aumenta 50 J.

Fonte: A autora (2021).

A próxima pergunta das atividades tem como objetivo compreender a duplicação do gás com aumento da temperatura. A expansão isotérmica é abordada na questão de múltipla escolha, bem como os cálculos para se verificar a compreensão adiabática, conforme ilustra a Figura 6.17.

Figura 6.17 – Questões sobre a expansão isotérmica e a compressão adiabática.

Tente resolver!

08. Quando um gás ideal sofre uma expansão isotérmica,

- a) a energia recebida pelo gás na forma de calor é igual ao trabalho realizado pelo gás na expansão;
- b) não troca energia na forma de calor com o meio exterior;
- c) não troca energia na forma de trabalho com o meio exterior;
- d) a energia recebida pelo gás na forma de calor é igual à variação da energia interna do gás;
- e) o trabalho realizado pelo gás é igual à variação da energia interna do gás.

09. Uma certa quantidade de ar contido num cilindro com pistão é comprimida adiabaticamente, realizando-se um trabalho de -1,5kJ. Portanto, os valores do calor trocado com o meio externo e da variação de energia interna do ar nessa compressão adiabática são, respectivamente,

- a) -1,5kJ e 1,5kJ;
- b) 0,0kJ e -1,5kJ;
- c) 0,0kJ e 1,5kJ;
- d) 1,5kJ e -1,5kJ;
- e) 1,5kJ e 0,0kJ.

Fonte: A autora (2021).

A pergunta posterior tem como objetivo investigar as aprendizagens dos alunos acerca da Primeira Lei da Termodinâmica com duas questões, como evidenciado na Figura 6.18.

Figura 6.18 – Questões sobre a Primeira Lei da Termodinâmica

Tente resolver!

10. A primeira lei da termodinâmica diz respeito à:

- dilatação térmica;
- conservação da massa;
- conservação da quantidade de movimento;
- conservação da energia;
- irreversibilidade do tempo.

11. A Primeira Lei da Termodinâmica estabelece que o aumento da energia interna de um sistema é dado por $\Delta U = \Delta Q - \delta$, no qual ΔQ é o calor recebido pelo sistema, e δ é o trabalho que esse sistema realiza. Se um gás real sofre uma compressão adiabática, então,

- $\Delta Q = \Delta U$;
- $\Delta Q = \delta$;
- $\delta = 0$;
- $\Delta Q = 0$;
- $\Delta U = 0$.

Fonte: A autora (2021).

As atividades propostas nesta aula, com duração de 50 minutos cada, revisitam os conhecimentos que os alunos possuem. Assim, são destinadas mais duas aulas para que todos os alunos respondam às perguntas e depois verifiquem as respostas através das correções.

6.7 AULA 07

AULA 07			
TEMA	DURAÇÃO	OBJETIVOS	HABILIDADES
Correção das atividades.	02 aulas com duração de 50 min cada.	<ul style="list-style-type: none"> - Oportunizar os alunos a potencializar sua aprendizagem; - Contribuir para aquisição de saberes teóricos e práticos a partir da explicação dos fenômenos físicos; - Compreender cálculos relacionados à Termodinâmica. 	Espera-se que os alunos obtenham saberes necessários à compreensão do conteúdo presente nas atividades propostas neste estudo.
CONTEÚDO	ESTRATÉGIA	RECURSOS	AVALIAÇÃO
<ul style="list-style-type: none"> - Atividades práticas; - Exercícios de aprendizagem. 	Nesta aula, será proposta a correção das atividades para instruir os alunos a partir das respostas de cada item questionado.	- Notebook, internet, Google Classroom.	Na presente aula, avaliou o desempenho dos alunos nas respostas dadas, diagnosticando, dessa forma, as aprendizagens dos mesmos.

SUGESTÃO DE DESENVOLVIMENTO

Nesta aula, devem ser corrigidas as atividades sobre os exercícios referentes a alguns conceitos físicos da Termodinâmica, feitas na aula anterior. Assim, poder-se-á constatar saberes sistematizados sobre a Termodinâmica.

6.8 AULA 08

AULA 08			
TEMA	DURAÇÃO	OBJETIVOS	HABILIDADES
Avaliação da aprendizagem dos alunos.	Duas aulas de 50 minutos cada.	- Verificar acerca das aprendizagens dos alunos mediante o conteúdo curricular proposto; - Constatar se o aluno obteve os conhecimentos necessários para a compreensão e reprodução prática deste estudo.	Espera-se que ao final os alunos absorvam todo conhecimento oferecido durante as atividades propostas.
CONTEÚDO	ESTRATÉGIA	RECURSOS	AVALIAÇÃO
Avaliação quanto à aprendizagem acerca da Primeira Lei da Termodinâmica e todo o universo que a engloba.	Nesta aula, foi criado uma avaliação criteriosa no Google Forms verificando se os alunos compreenderam acerca da temática proposta, relacionando o conteúdo da termodinâmica às compreensões solidificadas. Cada aluno recebeu a atividade no e-mail.	Piloto (pincel para lousa), Notebook, Datashow, caneta e lápis.	A avaliação será realizada através da análise quanto à participação e comprometimento dos alunos sobre a atividade realizada e as repostas após o envio da avaliação no Google Forms. Como ela é somativa, será calculada a nota de cada aluno.
SUGESTÃO DE DESENVOLVIMENTO			
Neste encontro, os alunos, sob a orientação do professor, devem realizar a atividade avaliativa através do preenchimento de uma avaliação feita no Google Forms (Apêndice B).			

6.9 AULA 09

AULA 09			
TEMA	DURAÇÃO	OBJETIVOS	HABILIDADES
Avaliação deste instrumento utilizado (Sequência Didática) e Resultado Final.	Duas aulas com duração de 50 minutos cada.	- Explanar sobre as aprendizagens dos alunos no que se refere à satisfação dos mesmos sobre os conteúdos abordados nesta sequência didática.	Espera-se que todos os alunos tenham compreendido o conteúdo a partir de uma ótica pautada na criticidade.
CONTEÚDO	ESTRATÉGIA	RECURSOS	AVALIAÇÃO

	Será criado um formulário avaliativo no Google Forms, onde os alunos terão acesso através de links disponibilizados via e-mail. A partir desse recurso os alunos poderão apresentar suas considerações sobre as estratégias promovidas.	Notebook, Datashow, Smartphone.	
SUGESTÃO DE DESENVOLVIMENTO			
Neste momento, através de um formulário no Google Forms, dever-se-á coletar as percepções dos estudantes sobre todo o processo, identificando possíveis pontos de melhora e aperfeiçoamento para aplicações futuras.			

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Primeiramente, é importante destacar que este produto foi elaborado em um contexto atípico de transformações sociais, afinal, com a chegada da pandemia do vírus Covid-19, foram promovidas várias mudanças nos mais diversos setores da sociedade. Nesse contexto, os processos e práticas educativas sofreram impactos significativos, de caráter não somente pedagógico, mas também psicológico, uma vez que todos, incluindo alunos, professores e gestores, se encontraram em um momento de constante alerta e inquietação. Sendo assim, a construção desse material foi marcada por diversos ajustes, que visaram adaptar as práticas propostas às especificidades do ensino remoto. Contudo, o material apresentado ao longo das seções anteriores pode ser aplicado em diferentes contextos educativos, sejam estes remotos, presenciais e semipresenciais.

Ao longo desse produto, buscou-se relacionar aspectos específicos da disciplina de Física, mais especificamente dos conteúdos da Termodinâmica, a discussões de outras áreas, visando promover práticas dinâmicas e de caráter interdisciplinar. Nessa direção, através da aplicação desse produto educacional em diferentes contextos escolares, espera-se despertar o interesse dos alunos pela Física, a partir de uma abordagem histórico-científica, proporcionando, também, a alfabetização científica. Destarte, a elaboração desse trabalho partiu-se da concepção do Ensino de Física enquanto instrumento de compreensão da realidade.

Tendo em vista as considerações dos alunos envolvidos na construção desse produto, conclui-se que as atividades experimentais por si só são insuficientes para a promoção da interdisciplinaridade e, principalmente, da alfabetização científica. Portanto, a elaboração de estratégias que dotem as atividades de dinamismo e significado é fundamental, uma vez que dessa forma os alunos poderão estabelecer relações entre sua realidade cotidiana e os

conceitos discutidos em sala de aula. Destaca-se que promoção de experimentos associada ao uso de ferramentas tecnológicas, mesmo que sob um conjunto de condições atípicas, coaduna com os direcionamentos da Base Comum Curricular Nacional, que enfatiza a necessidade de se promover práticas educativas compatíveis com as demandas educacionais do século XXI.

Por fim, acredita-se que este produto/dissertação será de grande proveito para a execução de estudos futuros, dado que expõe um conjunto de ações, bem como os limites de sua aplicação. Sendo assim, buscar-se-á realizar um constante aprimoramento de seu conteúdo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHAUÍ, M. *Convite à Filosofia*. São Paulo: Ática, 1999.

MATA, Thiago de Oliveira. *Um estudo estruturado no ensino sob medida (ESM) e no uso do smartphone como ferramenta auxiliadora da aprendizagem significativa dos conceitos de Termodinâmica*. 2018, 118f. (Produto Educacional) - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física Sociedade Brasileira de Física, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense - IFF, 2018. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/564173> Acesso em: 27 jul. 2022.

d) conservação da energia.

e) conservação da massa.

4) Quando um gás ideal sofre uma expansão isotérmica,

a) o trabalho realizado pelo gás é igual à variação da energia interna do gás.

b) não troca energia na forma de calor com o meio exterior.

c) não troca energia na forma de trabalho com o meio exterior.

d) a energia recebida pelo gás na forma de calor é igual ao trabalho realizado pelo gás na expansão.

e) a energia recebida pelo gás na forma de calor é igual à variação da energia interna do gás.

5) Uma certa quantidade de ar contido num cilindro com pistão é comprimida adiabaticamente, realizando-se um trabalho de $-1,5\text{kJ}$. Portanto, os valores do calor trocado com o meio externo e da variação de energia interna do ar nessa compressão adiabática são, respectivamente *

a) $1,5\text{kJ}$ e $0,0\text{kJ}$

b) $-1,5\text{kJ}$ e $1,5\text{kJ}$

c) $1,5\text{kJ}$ e $-1,5\text{kJ}$

d) $0,0\text{kJ}$ e $-1,5\text{kJ}$

e) $0,0\text{kJ}$ e $1,5\text{kJ}$

6) 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) diminuiu 30J

b) aumentou 170J

c) aumentou 30J

d) aumentou 100J

e) diminuiu 70J

7) A Primeira Lei da Termodinâmica estabelece que o aumento da energia interna de um sistema é dado por $\Delta U = \Delta Q - W$, no qual ΔQ 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) $W = 0$

b) $\Delta Q = 0$

c) $\Delta Q = W$

d) $\Delta U = 0$

e) $\Delta Q = \Delta U$

	ATIVIDADE AVALIATIVA – Nº 02					
	CEJA- FILOSTRO MACHADO CARNEIRO					
	NOME:					
Nº:	SÉRIE:	TURMA:	DISCIPLINA:	PROFESSOR(A):	DATA:	
	2ª	A	<i>Física</i>	<i>Érica Barbosa</i>		

TRANSMISSÃO DE CALOR: CONDUÇÃO, CONVECÇÃO E IRRADIAÇÃO

1) A transferência de calor de um ponto a outro de um meio pode efetuar-se por três processos diferentes. Sabe-se que, conforme o meio, há um processo único possível ou um predominante. Assim, no vácuo, num fluido e num sólido a transferência de calor se efetua, respectivamente, por:

- a) convecção, radiação e condução.
- b) condução, convecção e radiação.
- c) radiação, convecção e condução.
- d) condução, radiação e convecção.
- e) radiação, condução e convecção.

2) Quando há diferença de temperatura entre dois pontos, o calor pode fluir entre eles por condução, convecção ou radiação, do ponto de temperatura mais alta ao de temperatura mais baixa. O "transporte" de calor se dá juntamente com o transporte de massa no caso da:

- a) radiação e convecção.
- b) convecção somente.
- c) condução e irradiação.
- d) condução somente.
- e) Irradiação somente.

1) A irradiação é o único processo de transferência de energia térmica no caso:

Figura 1 – Barra metálica sendo aquecida.



Fonte: Usp (1999).

- a) Da água para um cubo de gelo flutuando nela.
- b) De um mamífero para o meio ambiente.
- c) Do Sol para um satélite de Júpiter.
- d) Do ferro de soldar para a solda.
- e) Da chama do fogão para a panela.

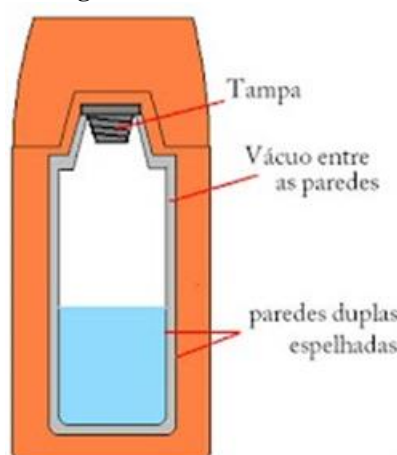
4) Quando se aquece a extremidade de uma barra de ferro, o calor se propaga para toda a barra (Figura 1). Neste caso o calor se propaga, principalmente, por:

- a) diluição.
- b) condução.
- c) convecção.
- d) indução.
- e) irradiação.

5) Assinale a alternativa correta:

- a) No vácuo, a única forma de transmissão de calor é por condução.
- b) A condução térmica só ocorre no vácuo, no entanto a convecção térmica se verifica inclusive em materiais no estado sólido.
- c) A condução e a convecção térmica só ocorrem no vácuo.
- d) A radiação é um processo de transmissão de calor que só se verifica em meios materiais.
- e) A convecção térmica só ocorre nos fluídos, ou seja, não se verifica no vácuo e tão pouco em materiais no estado sólido.

6) Uma garrafa térmica (Figura 2) impede, devido ao vácuo entre as paredes duplas, trocas de calor por:

Figura 2 – Garrafa Térmica

Fonte: Usp (1999).

- a) condução apenas;
- b) irradiação apenas;
- c) convecção e condução;
- d) irradiação e convecção;
- e) convecção apenas.

7) Uma garrafa térmica, devido às paredes espelhadas, impede trocas de calor por:



- a) convecção;
- b) condução;
- c) irradiação;
- d) reflexão.

8) Dos processos a seguir, o único onde praticamente todo o calor se propaga por condução é quando ele se transfere:

- a) De uma lâmpada acesa para o ar que a cerca;
- b) De um soldador para o metal que está sendo soldado;
- c) Do fundo de um copo de água para um cubo de gelo que nela flutua;
- d) Do Sol para a Terra;
- e) Da chama de um gás para a superfície livre de um líquido contido num bule que está sobre ela.

Referências Bibliográficas

USP – Universidade de São Paulo. **Calor Sensível**, 1999. Disponível em: <http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo2B/Refrigeracao/sensivel.htm> Acesso em: 06 set. 2022.

 +	ATIVIDADE AVALIATIVA – Nº 03					
	CEJA- FILOSTRO MACHADO CARNEIRO					
	NOME:					
Nº:	SÉRIE:	TURMA:	DISCIPLINA:	PROFESSOR(A):	DATA:	
	<i>2ª</i>	<i>A</i>	<i>Física</i>	<i>Érica Barbosa</i>		

PRINCIPAIS CONCEITOS DA SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA E MÁQUINAS TÉRMICAS

1) A respeito do que faz um refrigerador, pode-se dizer que:

- a) anula o calor;
- b) produz frio;
- c) converte calor em frio;
- d) remove calor de uma região e o transfere a outra.

2) Responda a seguinte situação:

Uma central de energia utilizada por uma equipe móvel de TV desenvolve $1,8 \cdot 10^7$ joules de energia elétrica enquanto seu motor a gasolina consome 2,5 litros de combustível, cujo poder calorífico é de $3,6 \cdot 10^7$ joules/litro. O rendimento da central é de:

- a) 10%;
- b) 20%;
- c) 50%;
- d) 100%;
- e) 40%.

3) O 2º Princípio da Termodinâmica pode ser enunciado da seguinte forma: “É impossível construir uma máquina térmica operando em ciclos, cujo único efeito seja retirar calor de

uma fonte e convertê-lo integralmente em trabalho.” Por extensão, esse princípio nos leva a concluir que:

- a) qualquer máquina térmica retira calor de uma fonte quente e rejeita parte desse calor para uma fonte fria;
- b) calor e trabalho não são grandezas homogêneas;
- c) somente com uma fonte fria, mantida sempre a 0°C , seria possível a uma certa máquina térmica converter integralmente calor em trabalho;
- d) sempre se pode construir máquinas térmicas cujo rendimento seja 100%;
- e) qualquer máquina térmica necessita apenas de uma fonte quente.

4) Um refrigerador de uso doméstico é uma máquina térmica invertida: o calor é retirado do congelador à temperatura de -23°C , enquanto a temperatura do ambiente em que ele se encontra é de 27°C . O coeficiente de eficiência do refrigerador de Carnot, operando em ciclos entre essas temperaturas, é

- a) 5,0;
- b) 0,80;
- c) 2,0;
- d) 4,0;
- e) 0,20.

5) De acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, a Entropia do Universo:

- a) tende a diminuir com o tempo;
- b) acabará transformada em energia;
- c) permanece sempre constante;
- d) não pode ser criada nem destruída;
- e) tende a aumentar com o tempo.

6) A refrigeração e o congelamento de alimentos são responsáveis por uma parte significativa do consumo de energia elétrica numa residência típica. Para diminuir as perdas térmicas de uma geladeira, podem ser tomados alguns cuidados operacionais:

- I. Distribuir os alimentos nas prateleiras deixando espaços vazios entre eles, para que ocorra a circulação do ar frio e do quente para cima;
- II. Manter as paredes do congelador com camada bem espessa de gelo, para que o aumento da massa de gelo aumente a troca de calor no congelador;

III. Limpar o radiador (“grade” na parte de trás) periodicamente, para que a gordura e a poeira que nele se depositam não reduzam a transferência de calor para o ambiente.

Para uma geladeira tradicional é correto indicar, apenas,

- a) as operações II e III;
- b) as operações I e III;
- c) a operação II;
- d) as operações I e II;
- e) a operação I.

Apêndice C

QUESTIONÁRIO I - SOCIOECONÔMICO

Questionário 01 - Socioeconômico

Caros alunos,
Responda o questionário. Porém, analise e pense sobre cada alternativa pontuada.

[Alternar conta](#)



*Obrigatório

E-mail *

Seu e-mail

Sexo: *

- Feminino
- Masculino
- Prefiro não dizer
- Outro: _____

Quantos anos você tem? *

- Menos de 16 anos
- Entre 16 e 17 anos
- Entre 17 e 18 anos
- Entre 18 e 19 anos
- Mais que 19 anos

Nessas faixas etárias é comum os jovens frequentarem cursos. Quais dos cursos abaixo você frequentou ou frequenta? *

- Não frequento cursos complementares.
- Curso profissionalizante.
- Curso de língua estrangeira.
- Curso de computação ou informática.
- Outro:

Com qual frequência você lê: *

	Frequentemente	Às vezes	Nunca
Jornais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Revistas de Informações Gerais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Revistas de divulgação científica, tecnológica, filosófica ou artística	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Revistas de humor, quadrinhos ou jogos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Revistas para adolescentes ou sobre TV, cinema, música, celebridades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Revistas sobre comportamento, moda, estilo e decoração	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Revistas sobre automóveis, esportes e lazer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Revistas sobre saúde	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Revistas sobre educação e estudos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Livros de ficção	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Livros de não-ficção e biografias	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dicionários, enciclopédias e manuais.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sites e matérias na Internet.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Você está trabalhando atualmente? *

- Sim
- Não

(Caso você NÃO trabalhe, desconsiderar as duas próximas questões) Há quanto tempo você trabalha?

- Menos de 1 ano.
- De 1 e 2 anos.
- De 2 e 4 anos.
- Mais de 4 anos

Em qual ramo você trabalha atualmente?

- Na agricultura, no campo, na fazenda ou na pesca.
- Na indústria.
- Na construção civil.
- No comércio, banco, transporte, hotelaria ou outros serviços.
- Trabalho fora de casa em atividades informais (pintor, eletricista, encanador, feirante, ambulante, guardador/a de carros, catador/a de lixo).
- Trabalho em minha casa em serviços (costura, aulas particulares, cozinha, artesanato, carpintaria, etc.).
- Faço trabalho doméstico em casa de outras pessoas (cozinheiro/a, mordomo/governanta, jardineiro, babá, lavadeira, faxineiro/a, acompanhante de idosos/as etc.).
- No lar (sem remuneração).
- Outro:

Qual a sua pretensão ao término do Ensino Médio você pretende? *

- Fazer o ENEM, Prestar vestibular e continuar os estudos no Ensino Superior.
- Fazer o ENEM, Prestar vestibular e trabalhar.
- Fazer curso(s) profissionalizante(s) e me preparar para o trabalho.
- Somente trabalhar.
- Ainda não sei.

Você faz algum cursinho fora da escola para se preparar para o ENEM? *

- Sim
- Não

Quais são a(s) carreira(s) que pretende seguir com a realização do exame do ENEM?

Sua resposta

Você visa entrar em que tipo de faculdade? *

- Federal
- Estadual
- Particular
- Não pretende fazer faculdade após o término do ensino médio

Referente as tecnologias digitais de informação e comunicação, como é o seu relacionamento:

Você possui computador? *

- sim
- não

Caso você possuir computador, de que tipo ele é ou são?

- Computador de mesa, (Desktop)
- Computador portátil, (Notebook)

Você possui tablet? *

- sim
- não

Você possui smartphone (celular)? *

- sim
- não

Você possui e-mail registrado? *

- sim
- não

Com qual frequência você costuma utilizar computadores em seu dia a dia? *

- Todos os dias, várias vezes por dia.
- Todos os dias, uma vez por dia.
- De 5 a 6 dias por semana.
- De 4 a 5 dias por semana.
- De 3 a 4 dias por semana.
- De 2 a 3 dias por semana.
- De 1 a 2 dias por semana.
- 1 dia por semana.
- Não utilizo computadores.

Se você NÃO possui computador próprio, mas costuma utilizá-lo, onde costuma acessá-lo com maior frequência?

- Lan house
- Escola
- Biblioteca municipal
- Casa de parentes
- Casa de amigo
- Outro:

Com qual frequência você costuma utilizar smartphone em seu dia a dia? *

- Todos os dias, várias vezes por dia.
- Todos os dias, uma vez por dia.
- De 5 a 6 dias por semana.
- De 4 a 5 dias por semana.
- De 3 a 4 dias por semana.
- De 2 a 3 dias por semana.
- De 1 a 2 dias por semana.
- 1 dia por semana.
- Não utilizo smartphones

Quando você acessa a internet, o que acessa com maior frequência? (Você pode assinalar mais de uma opção) *

- Google
- Facebook
- E-mail
- WhatsApp
- Twitter
- Instagram
- Salas de bate-papo
- You tube
- Skype
- Outro:

Qual(is) dispositivo(s) você utiliza para acessar a internet? *

	Frequentemete	Às vezes	Nunca
Computador desktop	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Computador notebook	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tablet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Smartphone	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Para pesquisas relacionadas aos seus estudos, você costuma utilizar a internet? *

- Muito
- Às vezes
- Pouco
- Raramente
- Não utilizo

Dos programas, aplicativos e software listados a seguir, você: *

	Utilizo Sempre	Utilizo às vezes	Apenas conheço	Não Conheço
Word	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Excel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
PowerPoint	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prezi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Google Drive	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Corel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Photoshop	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
OneDrive	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dropbox	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Skydrive	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
OneNote	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Voltar](#)

[Enviar](#)

[Limpar formulário](#)

Apêndice D

QUESTIONÁRIO II - CONCEPÇÕES ESPONTÂNEAS ACERCA DO TEMA

Questionário 02 - Concepções espontâneas acerca do tema

 [Alternar conta](#)

*Obrigatório

E-mail *

Seu e-mail

O que você conhece sobre o conteúdo termodinâmica? Saberá me dar uma definição? *

Sua resposta

A termodinâmica se apresenta em nosso cotidiano de diversas formas. Poderia exemplificar? Onde pode ser observada? No que ela é importante? *

Sua resposta

O conceito de trabalho está presente no nosso dia-a-dia. Você saberia definir o que é trabalho segundo os conceitos físicos? Explique. *

Sua resposta

Julgando os seus conhecimentos, para você o que é energia? *

Sua resposta

Liste os tipos de energia que você conhece? *

Sua resposta

Saberia relacionar energia e trabalho? Como? *

Sua resposta

Todos equipamentos, criados ou não pelo homem, que facilita o trabalho do ser humano pode ser considerado uma máquina. Qual dos itens a seguir não é uma máquina? *

- uma mola
- uma alavanca
- uma garrafa térmica
- um carrinho de mão

O motor de um automóvel é uma máquina térmica, que funciona obedecendo às leis: *

- da mecânica
- de Newton
- da gravidade
- da termodinâmica

Qual é a função da vela de ignição no motor de um automóvel? *

- iluminar as partes internas
- produzir faísca elétrica para explodir o combustível
- aumentar a temperatura do motor
- dar a partida no motor

O que é uma máquina térmica? *

- é uma máquina capaz de medir a temperatura
- é uma máquina que converte calor em trabalho
- é uma máquina que funciona com temperatura constante
- é uma máquina que funciona sem necessitar de combustível

A primeira Lei da Termodinâmica diz respeito a: *

- dilatação térmica
- conservação da massa
- conservação da quantidade de movimento
- conservação da energia

“A energia não pode ser criada nem destruída; pode apenas ser transformada de uma forma em outra, e sua quantidade total permanece constante”. Essa afirmativa é *

- falsa, porque esse enunciado não se aplica as leis da termodinâmica
- verdadeira, pois refere-se a primeira lei da termodinâmica
- verdadeira, pois refere-se a segunda lei da termodinâmica
- falsa, porque essas características não podem ocorrer



O rendimento de uma máquina térmica está diretamente ligado a: *

- pressão e volume
- questões climáticas
- potência e força
- fonte quente e fonte fria

A segunda Lei da Termodinâmica é compreendida como: *

- uma máquina térmica possui rendimento de 100%
- a energia total de um sistema isolado é constante
- é impossível que, espontaneamente, o calor flua de uma fonte fria para uma fonte quente
- não sei responder

Após a explosão do combustível no interior do motor, parte da energia desta é transformada em outro tipo de energia. Que tipo de energia é essa: *

- gravitacional
- elétrica
- mecânica
- sonora

Qual moto tem o motor mais potente: *

- Honda CG
- Yamaha XJ6

[Voltar](#)

[Enviar](#)

[Limpar formulário](#)

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.



Apêndice E

QUESTIONÁRIO III – AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Questionário 03 - Avaliação da aplicação do produto educacional

Alternar conta 

*Obrigatório

E-mail *

Seu e-mail _____

Quanto aos objetivos dos conteúdos apresentados eles foram claros? *

- Nunca
- Às vezes
- Sempre

Com relação aos conteúdos apresentados, eles tiveram relevância na sua vida? *

- não
- Sim
- talvez

Quanto a distribuição de conteúdo ao longo do curso, ela foi adequada? *

- Sim
- Não
- Talvez

Tendo em vista o material didático disponível e utilizado no decorrer das aulas, *
ele foi:

- Excelente
- Bom
- Regular
- Ruim
- Insatisfatório
- Opção 6

O desenvolvimento de experiências nas aulas praticas, foi um diferencial para *
você se dedicar a disciplina?

- Sim
- Não
- Talvez

Você considera o método de ensino adotado para o exposição do conteúdo *
como:

- Excelente
- Bom
- Regular
- Ruim
- Insastisfaório

Após o término do curso, qual o grau de dificuldade você daria para a disciplina? *

- Muito baixo
- Baixo
- Razoável
- Alto
- Muito alto

Na sua opinião, esta disciplina precisa de mais aulas semanais? *

- Sim
- Não
- Talvez

Você é aluno repetente na segunda série? *

- sim
- não

Como é sua frequência escolar? *

- Muito baixa
- Baixa
- Razoável
- Alta
- Muita alta

Como considera a frequência com que procurar o professor (fora de sala)? *

- Não procuro
- Baixa
- Razoável
- Alta
- Muito alta

Ao concluirmos esse conteúdo, seu grau de entendimento deste foi: *

- Muito baixo
- Baixo
- Razoável
- Alto
- Muito alto

No decorrer das aulas, o seu esforço foi? *

- Muito baixo
- Baixo
- Razoável
- Alto
- Muito alto

Ao término da exposição do conteúdo, seu interesse pelo assunto aumentou? *

- Sim
- Não
- Talvez

Você adquiriu novos conhecimentos após estudado esse conteúdo? *

- Sim
- Não
- Talvez

Avaliação do professor quanto à aplicação da disciplina

Quanto ao domínio do conteúdo, como você classificaria o grau de domínio do professor:

* 1 ponto

- Muito baixo
- Baixo
- Razoável
- Alto
- Muito alto

Todos os professores preparam suas aulas. As aulas preparadas pelo professor referente ao conteúdo apresentado foram:

* 1 ponto

- Péssimas
- Ruins
- Regulares
- Boas
- Excelentes

Quanto a exposição do conteúdo, explicação do conteúdo pelo professor foi ao seu ver:

* 1 ponto

- Péssimas
- Ruins
- Regulares
- Boas
- Excelentes

Quanto a forma com que o conteúdo foi trabalhado, as metodologias aplicadas pelo professor, sua sequencia, você julga que foi:

* 1 ponto

- Péssimas
- Ruins
- Regulares
- Boas
- Excelentes

Os exercícios e avaliações que o professor utilizou foram de acordo com o conteúdo apresentado:

* 1 ponto

- Sim
- Não
- Às vezes

No decorrer das aulas, o professor teve a preocupação em estimular os alunos a participarem (tirando dúvidas, ouvindo opiniões, procurando outras metodologias para melhor expor o conteúdo...) * 1 ponto

- Sim
- Não
- Às vezes

Com relação a extra classe, fora do horário de aula em sala, como julga o grau de tempo disponível do professor para atendimento ao alunos (como, responder perguntas em aplicativos ou plataformas, responder e-mail...) * 1 ponto

- Muito baixo
- Baixo
- Razoável
- Alto
- Muito alto

[Voltar](#)[Enviar](#)[Limpar formulário](#)